

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование релейной защиты линии 220 кВ подстанция «Тулинская» – Новосибирская ГЭС Новосибирской энергосистемы

УДК 621.316.925.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6А	Заворотний Дмитрий Русланович		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Шестакова В.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШБИП	Киселева Е.С.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП «Электроэнергетика»

Код резул ь-тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Универсальные компетенции</i>		
P1	<i>Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-1, 3; ОПК-1, 2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.</i>	Требования ФГОС (ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P3	<i>Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-2, 3; ОПК-1; ПК-1, 2, 3), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P4	<i>Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.</i>	Требования ФГОС (ОК-3; ОПК-1, 4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности, связанной с автоматизированными системами диспетчерского управления в электроэнергетике.</i>	Требования ФГОС (ОПК-4; ПК- 4-6) ¹ , Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P6	<i>Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа при проектировании, эксплуатации и обслуживании автоматизированных систем диспетчерского управления электроэнергетических систем с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний,</i>	Требования ФГОС (ПК-1, 7,8). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов

¹ Указаны коды компетенций по ФГОС (направление 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника), утвержденному Приказом Министерства образования и науки РФ № 1500 от 21.11.2014 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
	аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.	<i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P7	Выполнять инновационные <i>инженерные проекты</i> по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем диспетчерского управления электроэнергетических систем с использованием современных методов проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных систем.	Требования ФГОС (ПК-2, 9, 10, 11). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P8	Проводить инновационные <i>инженерные исследования</i> в области автоматизированных систем управления электроэнергетических систем, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.	Требования ФГОС (ПК-3, 13, 14, 15, 24-26). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P9	Проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; осуществлять профессиональную деятельность руководствуясь требованиями стандартов и рынка; разрабатывать планы и программы организации профессиональной деятельности на предприятии; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.	Требования ФГОС (ПК-11, 12, 13, 16-20, 24, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P10	Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные</i> , наладочные работы оборудования и программного обеспечения по профилю профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-22, 23, 25, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P11	<i>Осваивать новое оборудование и программное обеспечение в сфере автоматизации диспетчерского управления</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс эксплуатируемых программно-технических комплексов и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.	Требования ФГОС (ПК-27, 28), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>
P12	Разрабатывать рабочую <i>проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять <i>оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.	Требования ФГОС (ПК-29, 30), Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , <i>работодателей</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение Электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ «27» 02 2020 г. В.В. Шестакова

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5А6А	Заворотнему Дмитрию Руслановичу

Тема работы:

Проектирование релейной защиты линии 220 кВ подстанция «Тулинская» - Новосибирская ГЭС Новосибирской энергосистемы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.02.2020 №58-30 с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i></p>	<p>1. Параметры защищаемого объекта 2. Параметры прилегающей периферии</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Выбор и расчет релейной защиты линии электропередачи 220 кВ подстанция «Тулинская» - Новосибирская ГЭС Новосибирской электроэнергетической системы и проверка чувствительности защит.</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1. Схема района энергосистемы для проектирования РЗиА 2. Характеристики срабатывания измерительного органа сопротивления дистанционной защиты
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Киселева Елена Станиславовна	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Шестакова В.В.	К.Т.Н.		27.02.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6А	Заворотний Дмитрий Русланович		27.02.2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования: бакалавр

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения: осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.02.20	Проектные решения	10
10.03.20	Дистанционная защита	20
20.03.20	Ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности	20
05.04.20	Ступенчатая направленная токовая защита	20
15.04.20	Программа подбора отпаяк устройств регулирования напряжения трансформаторов	10
12.05.20	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	10
20.05.20	Социальная ответственность	10
		100

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Шестакова В.В.	к.т.н		27.02.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ	Шестакова В.В.	к.т.н., доцент		27.02.2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 106 страниц, 47 рисунков, 41 таблицу, 40 источников.

Ключевые слова: релейная защита, дистанционная защита, ступень, чувствительность, уставка, воздушная линия, подстанция, автоматика, регулирование напряжения, расчет

Объект исследования: релейная защита линии 220 кВ от ПС «Тульская» до НГЭС Новосибирской энергосистемы со стороны ПС «Тульская».

В работе проведён расчёт параметров защиты воздушной линии электропередач с применением программно-вычислительного комплекса АРМ СРЗА, а также спроектирована программа по подбору оптимального номера отпайки устройства регулирования напряжения трансформаторов пробной сети.

Полученными результатами являются значения уставок релейной защиты, оценка её чувствительности; номера отпайек трансформаторов, напряжения на их низшей стороне и отклонение фактического значения напряжения от номинального заданного.

Область применения: результаты данной работы могут быть использованы для разработки технического проекта по установке комплекта релейной защиты 220 кВ ПС «Тульская» – НГЭС Новосибирской энергосистемы. Проект по подбору отпайек может быть использован в качестве основы для программы по упрощению или автоматизации расчётов для диспетчеров РДУ и ОДУ ЕЭС России.

Обозначения и сокращения

ДЗ	Дистанционная защита
ИО	Измерительный орган
ИОН	Измерительный орган напряжения
ИОТ	Измерительный орган тока
КЗ	Короткое замыкание
НГЭС	Новосибирская ГЭС
ОСС	Обязательное социальное страхование
ПС	Электрическая подстанция
ПЭВМ	Персональная электронно-вычислительная машина
ТН	Трансформатор напряжения
ТНЗ	Токовая направленная защита
ТНЗНП	Токовая направленная защита нулевой последовательности
ТР	Трансформатор
ТТ	Трансформатор тока
ТО	Токовая отсечка
МТЗ	Максимальная токовая защита

Оглавление

Обозначения и сокращения.....	8
Оглавление.....	9
Введение.....	11
1 Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений	12
1.1 Характеристика защищаемого объекта	12
1.2 Выбор и обоснование устанавливаемых защит	13
1.3 Выбор устройств релейной защиты	14
1.4 Выбор измерительных трансформаторов.....	15
1.4.1 Выбор трансформаторов тока.....	15
1.4.2 Выбор трансформаторов напряжения.....	19
2. Расчет параметров защит.....	21
2.1 Дистанционная защита	21
2.1.1 Принцип действия.....	21
2.1.2 Расчет уставки первой ступени	22
2.1.3 Расчет уставки второй ступени.....	26
2.1.4 Расчет уставки третьей ступени	33
2.2 Ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности	37
2.2.1 Принцип действия.....	37
2.2.2 Расчет уставки первой ступени	40
2.2.3 Расчет уставки второй ступени.....	40
2.2.5 Расчет уставки четвертой ступени	44
2.3 Токовая ступенчатая направленная защита	46
2.3.1 Принцип действия.....	46
2.3.2 Расчет первой ступени.....	47
2.3.3 Расчет уставки второй ступени.....	48
2.3.4 Расчет уставки третьей ступени	53
3. Проектирование программы по подбору оптимального положения отпаек устройств регулирования напряжения трансформаторов.....	56

4. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность..	62
4.1 Анализ конкурентоспособности и ресурсоэффективности технического решения	62
4.2 SWOT – анализ	64
4.3 Планирование научно-технического исследования	66
4.4 Определение трудоемкости выполнения работ	67
4.5 Разработка графика проведения научного исследования	68
4.6 Определение бюджета проекта.....	72
5. Социальная ответственность	82
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	83
5.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны персонала релейной защиты) правовые нормы трудового законодательства.....	83
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны персонала РЗА.	84
5.2.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов, возникающих при эксплуатации устройств релейной защиты.	87
5.2.2. Обоснование мероприятий по защите персонала от действия опасных и вредных факторов.....	92
5.3. Экологическая безопасность.....	97
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	97
Заключение	101
Список использованной литературы:.....	103

Введение

Целью данного проекта является выбор устройств и расчет релейной защиты воздушной линии электропередачи 220 кВ подстанция «Тулинская» - НГЭС Новосибирской электроэнергетической системы и проверка чувствительности защит.

При эксплуатации промышленных установок возможно возникновение аномальных режимов работы, большинство из которых необходимо устранять в первые моменты возникновения. Такими повреждениями, в частности, являются короткие замыкания. Они являются наиболее часто встречающимся ненормальным режимом работы сети и при этом наносят значительный ущерб оборудованию и могут негативно влиять как на отпуск электроэнергии, так и на устойчивость энергетической системы в целом.

Современные устройства релейной защиты принимают на себя функции выявления коротких замыканий, их устранения, а также функции резервирования прилегающих защит.

Таким образом, к комплексам релейной защиты предъявляют следующие требования: надёжность, селективность, быстродействие, чувствительность и обеспечение функций резервирования.

Современные системы релейной защиты обеспечиваются устройствами измерения и контроля совокупности параметров сети, вычислительными комплексами и различными пользовательскими интерфейсами, включёнными в микропроцессорные устройства и обеспечивающими надёжность работы всей системы. Основным фактором, обеспечивающим правильность срабатывания защиты, является правильный выбор параметров срабатывания и проверка выбранных параметров по условию обеспечения чувствительности.

1 Анализ исходных данных и принятие предварительных проектных решений

1.1 Характеристика защищаемого объекта

В данной работе производится выбор устройств релейной защиты воздушной линии 220 кВ ПС «Тульская» – НГЭС Новосибирской энергосистемы. Расчет производим для комплекта защиты, установленного на подстанции «Тульская».

ПС Тульская получает электроэнергию от электроэнергетической системы посредством воздушных линий электропередачи 220 кВ, подключенных к шинам РУ 220 кВ, к которым подключен автотрансформатор АТ1 125 000-220/110. Выводы среднего напряжения АТ1 подключены к рабочей секции шин РУ 220 кВ.

ПС Тульская совместно с ПС Научная осуществляют выдачу мощности, вырабатываемой НГЭС. ПС Тульская соединена с НГЭС 1 линией 220 кВ (№256) и 4 линиями 110 кВ (№15, 16, 17, 18). Защищаемый энергообъект ограничен узлами 19-250-4 и имеет длину 14,25 км.

Для расчётов ступеней защит необходимо знать объекты первой и второй периферии:

Объекты первой периферии:

- Автотрансформатор АТ6 240 МВА на НГЭС
- Линия 220 кВ НГЭС – ПС Научная

Объекты второй периферии:

- Линия 220 кВ ПС Научная – ПС Восточная
- Автотрансформаторы АТ1 и АТ2 ПС Научная

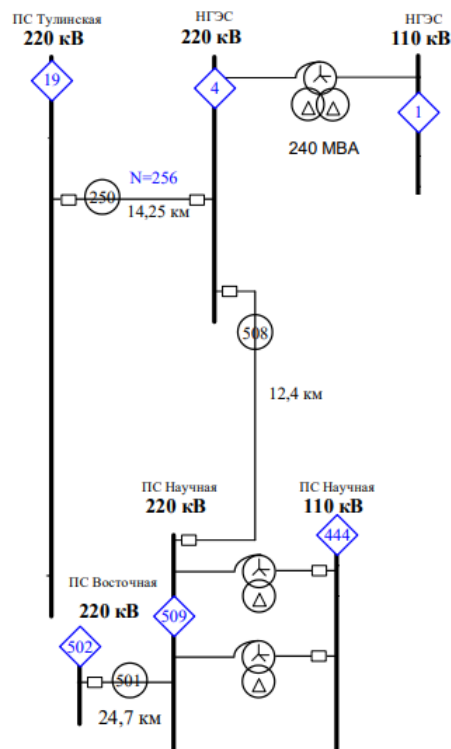


Рисунок 1 – Принципиальная схема района энергосистемы для проектирования РЗиА

1.2 Выбор и обоснование устанавливаемых защит

Селективное действие защиты параллельной линии с двухсторонним питанием можно обеспечить только путем выполнения направленных защит. Поэтому основываясь на требованиях [1, п. 3.2.106 – п. 3.2.118,] от многофазных замыканий должна быть применена ступенчатая дистанционная защита (ДЗ), используемая в качестве основной, с направленными характеристиками срабатывания реле.

В качестве резервной защиты необходимо использовать ступенчатую токовую ступенчатую направленную защиту (ТСНЗ).

От замыканий на землю должна быть предусмотрена, ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности (СТНЗНП).

Таблица 1 – Устройства РЗА для защищаемого объекта

Основная защита от многофазных КЗ	Дистанционная защита (трехступенчатая)
Дополнительная защита от многофазных КЗ	Токовая ступенчатая направленная защита
Защита нулевой последовательности	СТНЗНП

1.3 Выбор устройств релейной защиты

В настоящее время микропроцессорные устройства представляют собой основное направление развития релейной защиты. Основным преимуществом микропроцессорных устройств по сравнению с устройствами других типов является их многофункциональность, так, например, помимо основной функции – аварийное отключение энергетических систем, имеются функции резервирования отказов выключателей, измерения и осциллографирование основных электрических величин и т.п.

К плюсам микропроцессорных устройств можно отнести:

- многофункциональность;
- точность измерений;
- компактность;
- удобство фиксации неисправностей и настройки защиты.

К недостаткам относится использование микроконтроллера, что приводит к более высокой стоимости и неремонтопригодности, в случае поломки блока управления, экономически выгоднее заменить его целиком.

Для защиты воздушной линии 220 кВ выбираем микропроцессорное устройство релейной защиты фирмы НПП «ЭКРА» – шкаф защиты линии и автоматики управления выключателем ШЭ2607 016. Данный шкаф применяется для защиты линии и управления выключателем с трехфазным или пофазным приводом.

Данный шкаф реализует функции:

- автоматического управления линейным или обходным выключателем;
- устройства резервирования отказа выключателей;

- автоматического повторного включения;
- дистанционной защиты (пять ступеней) от междуфазных замыканий (IV и V ступени с возможностью разворота в обратную сторону);
- ДЗ от земляных замыканий (одна ступень);
- токовой направленной защиты нулевой последовательности (шесть ступеней, V и VI ступени с возможностью разворота в обратную сторону);
- токовой отсечки (одна ступень);
- максимальной токовой защиты (две ступени);
- автоматической разгрузки при перегрузке по току;
- логики высокочастотной аппаратуры передачи команд.

1.4 Выбор измерительных трансформаторов

1.4.1 Выбор трансформаторов тока

Трансформаторы тока (ТТ) выбираются [2]:

- по току:

$$I_{\text{норм}} \leq I_{\text{ном}} , \quad (1.1)$$

$$I_{\text{max}} \leq I_{\text{ном}} . \quad (1.2)$$

Номинальный ток должен быть максимально близок к рабочему току установки, так как недогрузка первичной обмотки приводит к увеличению погрешностей. Если о нагрузке нет данных, то можно задавать ток нагрузки в линии исходя из допустимого тока провода, снизив его на 20 – 30%.

Для упрощения расчетов будем считать, что линия выполнена одним типом провода.

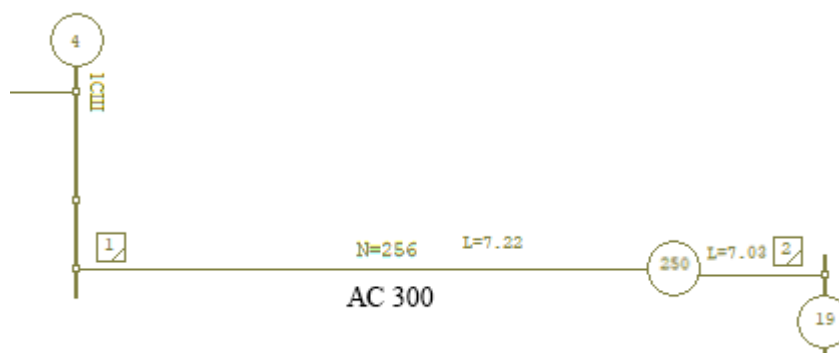


Рисунок 2 – Параметры линии в ПК АРМ СРЗА

Согласно электрической схеме, линия выполнена проводом АС 300/39, допустимый продолжительный ток которого:

$$I_{\text{доп. max}} = 710 \text{ A.}$$

Тогда: $I_{\text{норм}} = 0,8 \cdot I_{\text{доп. max}} = 0,8 \cdot 710 = 568 \text{ A.}$

Для трансформатора тока выбираем:

$$I_{1\text{ном}} = 600 \text{ A}; \quad I_{2\text{ном}} = 5 \text{ A}; \quad K_{\text{ТТ}} = 600 / 5 = 120.$$

$$I_{\text{норм}} \leq I_{1\text{ном}} - \text{условие выполняется.}$$

– по напряжению установки:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}. \quad (1.3)$$

Выбираем: $U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ.}$

$$U_{\text{уст}} = 220 \text{ кВ} \leq U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ} - \text{условие выполняется.}$$

– по конструкции и классу точности;

Для шкафа защиты ШЭ 2607 016 требуется подключение вторичных фазных токов, поэтому предварительно выбираем трансформаторы тока ТФЗМ 220-1 по каталожным данным [3, табл. 5.9] с параметрами, указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры трансформатора тока

Тип	Напряжение $U_{\text{ном}}$, кВ	Номинальный ток, кА		Варианты исполнения по вторичным обмоткам	Ток стойкости, кА		Время $t_{\text{тер}}$, с	Номинальная нагрузка в классе точности, $Z_{2\text{ном}}$, Ом
		Перв. $I_{1\text{ном}}$	Втор. $I_{2\text{ном}}$		Эл.дин. $i_{\text{дин}}$	Терм. $I_{\text{тер}}$		
ТФЗМ 220Б-1	220	300-600	5	0,5/10Р/10Р/10Р	27-54	(10-20)/3	3	1,2

Необходимо провести следующие проверки:

– по электродинамической стойкости:

$$i_y \leq \sqrt{2} \cdot k_{\text{эд}} \cdot I_{1\text{ном}}, \quad (1.4)$$

$$i_y \leq i_{\text{дин}}, \quad (1.5)$$

где: i_y – ударный ток короткого замыкания по расчету;

$k_{\text{эд}}$ – кратность электродинамической стойкости по каталогу;

$I_{1\text{ном}}$ – номинальный первичный ток трансформатора тока;

$i_{дин}$ – ток электродинамической стойкости.

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{п0}^{(3)} \cdot k_y = \sqrt{2} \cdot 21,45 \cdot 1,65 = 13,639 \text{ кА} \leq i_{дин} = 54 \text{ кА} \quad - \quad \text{условие}$$

выполняется,

где: $k_y = 1,65$ – ударный коэффициент [2, табл 3.8];

$$I_{п0}^{(3)} = \frac{I_m^{(3)}}{\sqrt{2}} = \frac{8,266}{\sqrt{2}} = 5,845 \text{ кА} - \text{действующее значение периодической}$$

составляющей тока КЗ за первый период;

$I_m^{(3)} = 8,266 \text{ кА}$ – амплитуда начального значения периодической слагаемой полного тока КЗ. (сверхпереходной ток), рассчитанная в ТКЗ в ПК АРМ СРЗА (рисунок 4).

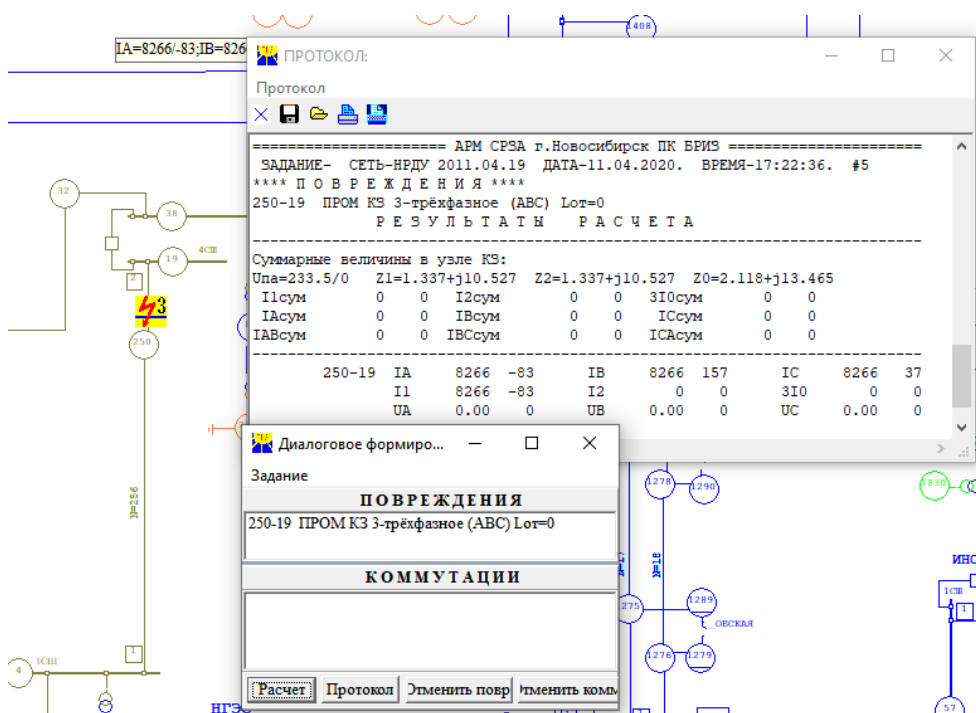


Рисунок 3– Расчет ТКЗ на линии №256 в ПК АРМ СРЗА

– по термической стойкости:

$$B_k \leq (k_m \cdot I_{ном})^2 \cdot t_{тер}, \quad (1.6)$$

$$B_k \leq I_{тер}^2 \cdot t_{тер}, \quad (1.7)$$

где: B_k – расчётный тепловой импульс;

k_m – каталожная кратность термической стойкости;

$I_{тер}$ – ток термической стойкости;

$t_{тер}$ – время термической стойкости.

$$B_K = \left(I_{П0}^{(3)}\right)^2 \cdot (t_{отк} + T_a) = (5,845)^2 \cdot (0,2 + 0,025) = 7,687 \text{ } \kappa A^2 \cdot c \leq 13^2 \cdot 3 = 1200 \text{ } \kappa A^2 \cdot c$$

– условие выполняется,

где $I_{П0}^{(3)} = 5,845 \text{ } \kappa A$ – действующее значение тока КЗ;

$t_{отк} = 0,2 \text{ } c$ – время отключения;

$T_a = 0,025 \text{ } c$ – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ [2, табл. 3.8].

– по вторичной нагрузке:

$$Z_2 \leq Z_{2ном}, \quad (1.8)$$

где Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока;

$Z_{2ном}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

$$Z_2 = r_{приб} + r_{пр} + r_{\kappa} = 0,24 + 0,708 + 0,05 = 0,998 \text{ } \text{Ом} \leq 1,2 \text{ } \text{Ом} \text{ – условие}$$

выполняется,

$$\text{где: } r_{приб} \approx \frac{3S_{приб}}{(I_{2ном})^2} = \frac{3 \cdot 2}{5^2} = 0,24 \text{ } \text{Ом} \text{ – сопротивление приборов;}$$

$$S_{приб} = 2 \text{ } B \cdot A \text{ – мощность, потребляемая комплектом на одну фазу}$$

по

цепям переменного тока в симметричном режиме [4, п. 1.3.7.];

$$r_{пр} = \frac{\rho \cdot l_{расч}}{q} = \frac{0,0283 \cdot 100}{4} = 0,708 \text{ } \text{Ом} \text{ – сопротивление проводов [2,$$

§4.11.]

$\rho = 0,0283 \text{ } \text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ – удельное сопротивление алюминиевых проводов;

$l_{расч} = 100 \text{ } \text{м}$ – расчетная длина [2, §4.11.];

$q = 4 \text{ } \text{мм}^2$ – сечение проводов;

$r_{\kappa} = 0,05 \text{ } \text{Ом}$ – сопротивление контактов [2, §4.11.].

1.4.2 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения (ТН) выбираются [2]:

– по напряжению установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном} . \quad (1.9)$$

Выбираем: $U_{ном} = 220 \text{ кВ}$; $K_{ТН} = 220000 / 100 = 2200$.

$U_{уст} = 220 \text{ кВ} \leq U_{ном} = 220 \text{ кВ}$ – условие выполняется.

– по классу точности;

Для ШЭ2607 016 требуется класс точности не ниже 0,5 [4].

– по конструкции и схеме соединения обмоток;

Защита линии 220 кВ ПС Тулинская - НГЭС состоит из ДЗ, ТНЗ и ТНЗНП, поэтому предварительно выбираем трансформатор напряжения НКФ-220-58У1 по каталожным данным [3, табл. 5.13.], у которого основная вторичная обмотка присоединяется к ШЭ 2607 016 по схеме звезда с нулевым проводом, а дополнительная по схеме разомкнутого треугольника. (табл. 3)

Таблица 3 – Параметры трансформатора напряжения

Тип	Номинальное напряжение обмотки			Номинальная мощность, В·А				Максимальная мощность, В·А
	Перв., кВ	Осн.втор., В	Доп., В	0,2	0,5	1	3	
НКФ-220-58У1	220/ $\sqrt{3}$	100/ $\sqrt{3}$	100	-	400	600	1200	2000

Необходимо провести следующие проверки:

– по вторичной нагрузке:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном} , \quad (1.10)$$

где: $S_{ном}$ – номинальная мощность в выбранном классе точности,

$S_{2\Sigma}$ – суммарная нагрузка трансформатора напряжения.

Для упрощенного расчета нагрузку приборов можно не разделять по фазам, тогда:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{\left(\sum S_{приб} \cdot \cos \varphi_{приб}\right)^2 + \left(\sum S_{приб} \cdot \sin \varphi_{приб}\right)^2} = \sqrt{P_{приб}^2 + Q_{приб}^2} \quad (1.11)$$

При превышении вторичной нагрузки номинальной мощности в выбранном классе точности часть приборов устанавливают на дополнительный трансформатор напряжения.

Выполним предварительный расчет только с учетом шкафа защиты ШЭ2607 016 в качестве нагрузки для ТН

$$S_{2\Sigma} = S \cdot 3 = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ В} \cdot \text{А} \leq S_{\text{ном}} = 400 \text{ В} \cdot \text{А} - \text{условие выполняется,}$$

$S = 0,5 \text{ В} \cdot \text{А}$ – мощность, потребляемая ШЭ2607 016 на одну фазу по цепям напряжения переменного тока, [4, п. 1.3.7.].

напряжения переменного тока, [4, п. 1.3.7.].

2. Расчет параметров защит

2.1 Дистанционная защита

2.1.1 Принцип действия

Дистанционная защита – защита с относительной селективностью, выполняемая с использованием измерительных органов сопротивления – органов, характеристической величиной для которых является заданная функция отношений входных напряжений к входным токам. В момент возникновения короткого замыкания, происходит уменьшение напряжения на шинах и увеличение тока в линии, вследствие чего сопротивление уменьшается:

$$z_{KЗ} = \frac{U_{KЗ}}{I_{KЗ}} < z_H,$$

где $z_H = \frac{U_{норм}}{I_{норм}}$ – сопротивление в нормальном режиме.

Условием для правильной работы защиты, необходимо, чтобы сопротивление срабатывания защиты было меньше, чем сопротивление линии:

$$z_{CЗ} \leq z_{Л}.$$

Так же дистанционная защита позволяет определить удаленность точки короткого замыкания от объекта.

ДЗ выполняется по ступенчатому принципу, как правило, в виде трёх ступеней.

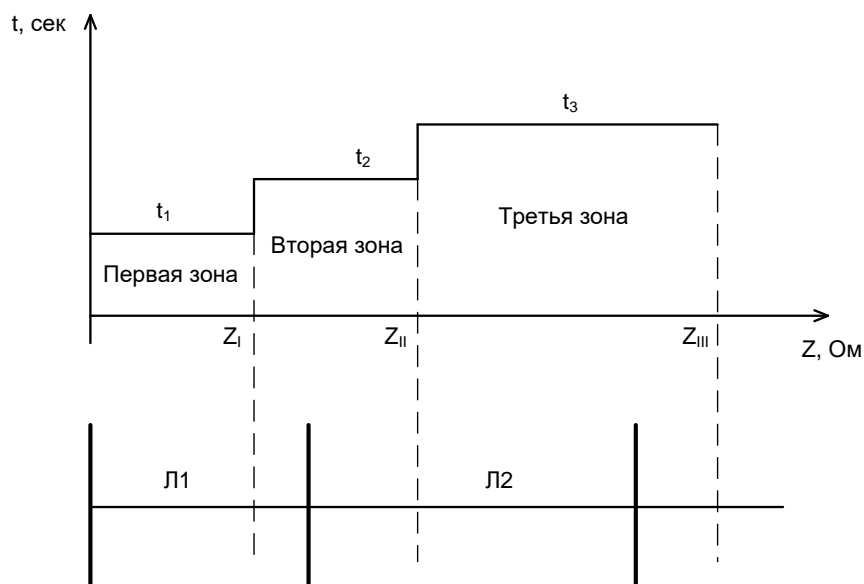


Рисунок 2 – Зависимость выдержек времени дистанционной защиты

Первые ступени ДЗ выполняются без выдержки времени ($t_1 = 0$ с), по условию селективности она не должна действовать за пределами защищаемой линии. Поэтому протяженность первой ступени берется меньше протяженности защищаемой линии и обычно составляет 85% ее длины. Остальная часть защищаемой линии и шины противоположной подстанции охватывается второй ступенью ДЗ1. Протяжённость и выдержка времени второй ступени согласуется с протяженностью и выдержкой времени первой ступени дистанционной защиты следующего участка (ДЗ1 согласуется с ДЗ2), кроме этого согласуется со всеми отходящими линиями и отстраивается от КЗ на шинах низкого напряжения трансформатора при их наличии на противоположной шине. Время действия выбирается $t_{II} = t_I + \Delta t$ с выдержкой времени $\Delta t = (0,4 \div 0,5)$ с. Третья ступень дистанционной защиты является резервной и выполняет функции ближнего и дальнего резервирования. Выдержка времени принимается на Δt больше времени действия второй или третьей ступени дистанционной защиты следующего участка. [5, §11.3]

2.1.2 Расчет уставки первой ступени

Сопротивление срабатывания первой ступени ДЗ без выдержки времени должно быть отстроено от короткого замыкания на шинах

противоположного конца линии, в данном случае рассматриваем короткое замыкание на шинах НГЭС 220 кВ.

В ПК АРМ СРЗА подпрограмме «Релейная защита» выбираем пункт «Задание для расчета» и заполняем шаблон задания для расчета уставки первой ступени «ОТ_SHE2607.GKZ». После заполнения задания (рис. 3) выполняем команду «Расчет». Программа выдает результат в виде протокола (рис. 4). В программе строится графическая характеристика реле срабатывания первой ступени (рис. 5).

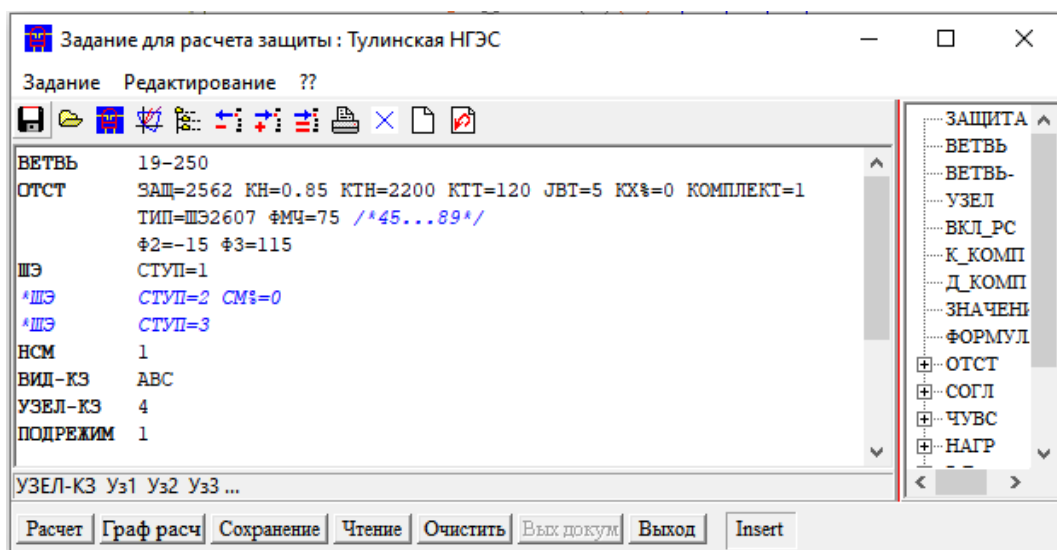


Рисунок 3 – Заполненное задание для расчета первой ступени ДЗ

где: ВЕТВЬ 19-250 – ветвь, где установлена защита;

ОТСТ – приказ, по которому проводят отстройку от КЗ вне зоны действия ступени;

ЗАЩ=2562 – номер защиты складывается из номера элемента (N=256) и номера комплекта защиты (2);

КН = 0,85 – коэффициент отстройки;

КТН=2200 – коэффициент трансформации ТН;

КТТ=120 – коэффициент трансформации ТТ;

JBT=5 – вторичный ток ТТ.

ФМЧ = $\arctan(X/R) = 75$ – угол максимальной чувствительности. Равен углу линии, принимается равным 75° ;

$\Phi 2 = -15$ и $\Phi 3 = 115$ – углы наклона четырехугольной характеристики первой ступени защиты. Углы (в градусах) заданы в соответствии с рекомендациями разработчиков программного комплекса.

Сопротивление срабатывания дистанционной защиты первой ступени:

$$Z_{C3}^I = 2,73 + j5,09 \text{ Ом.}$$

Время срабатывания дистанционной защиты первой ступени:

$$t_{C3}^I = 0 \text{ с.}$$

Расч усл	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	XU	5.09	0.85	ВИД-КЗ ABC		ZCA=6.19 77
	RU	2.73		УЗЕЛ-КЗ 4		
	RUMIN	3.67				
	FMCH	75				
	F2	-15				
	F3	115				
	F4	0				

Примечание к расч. усл. 3)

Рисунок 4 – Протокол расчета первой ступени ДЗ

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СП ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип ШЭ2607 Ступень 1
 Ветвь 19-250 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	XU	5.09	0.85	ВИД-КЗ ABC		ZCA=6.19 77
	RU	2.73		УЗЕЛ-КЗ 4		
	RUMIN	3.67				
	FMCH	75				
	F2	-15				
	F3	115				
	F4	0				

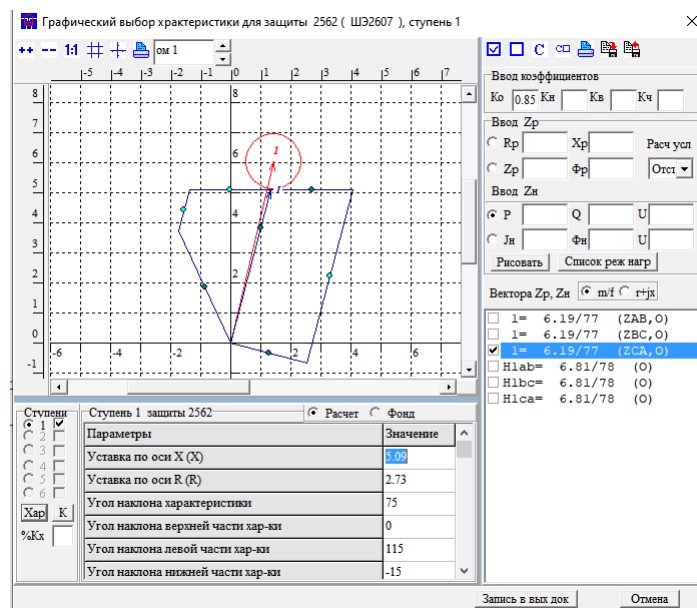


Рисунок 5 – Графический расчет первой ступени ДЗ

Как видно, характеристика реле срабатывания, рассчитанная в ПК АРМ СРЗА, имеет форму параллелограмма (рис. 5), усеченного отрезками направления мощности.

При выборе параметров срабатывания ступени для дистанционной защиты по условию отстройки необходимо оценить положение конца вектора замера на зажимах реле срабатывания по отношению к характеристике реле срабатывания, которая программой определяется по типу панели и номеру ступени.

В программе релейной защиты в качестве критерия при отстройке принято минимальное расстояние от конца вектора до характеристики. При отстройке вектор замера I на зажимах реле срабатывания должен находиться вне характеристики на таком расстоянии, чтобы обеспечить покрытие всех погрешностей (погрешностей расчета, измерительных трансформаторов, релейной аппаратуры). Для этого вектор замера на зажимах реле срабатывания имеет вокруг своего конца на комплексной плоскости некоторую зону неопределенности, которая, в идеализированном виде, представляется окружностью. Эту окружность в дальнейшем будем называть окружностью погрешностей замера реле срабатывания. Радиус этой окружности определяется коэффициентом надежности K_H . Характеристика реле

срабатывания не должна пересекать окружность погрешностей, а лишь касаться ее в одной точке.

Чувствительность для первых ступеней дистанционной защиты допускается не проверять.

2.1.3 Расчет уставки второй ступени

Сопротивление срабатывания второй ступени защиты должно быть:

- Отстроено от короткого замыкания на шинах низшего напряжения трансформаторов, отходящих от шин следующей подстанции;
- Согласовано с первой ступенью защит отходящих линий от шин следующей подстанции;

Производим отстройку от трансформатора АТ6 на НГЭС.

Отстройка от КЗ на шинах НН АТ6

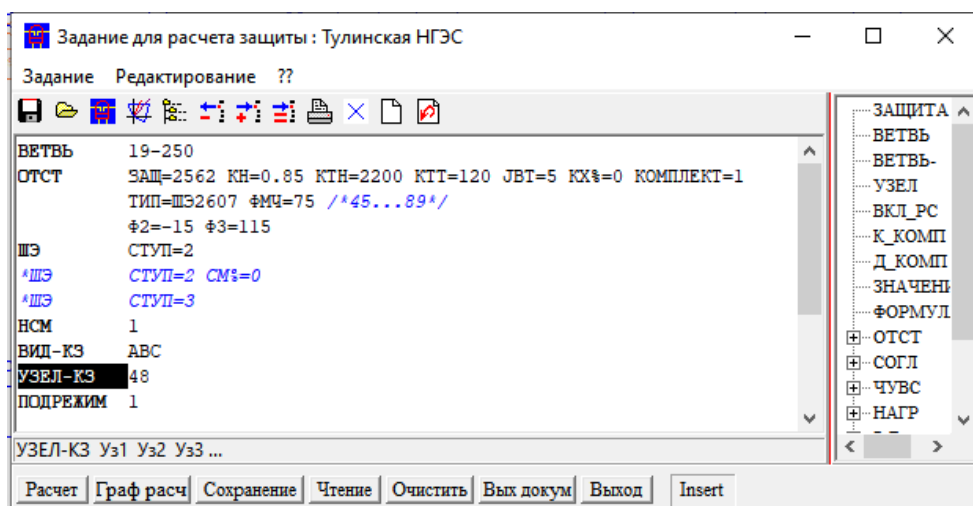


Рисунок 6 – Задание для отстройки второй ступени ДЗ от шин НН АТ6

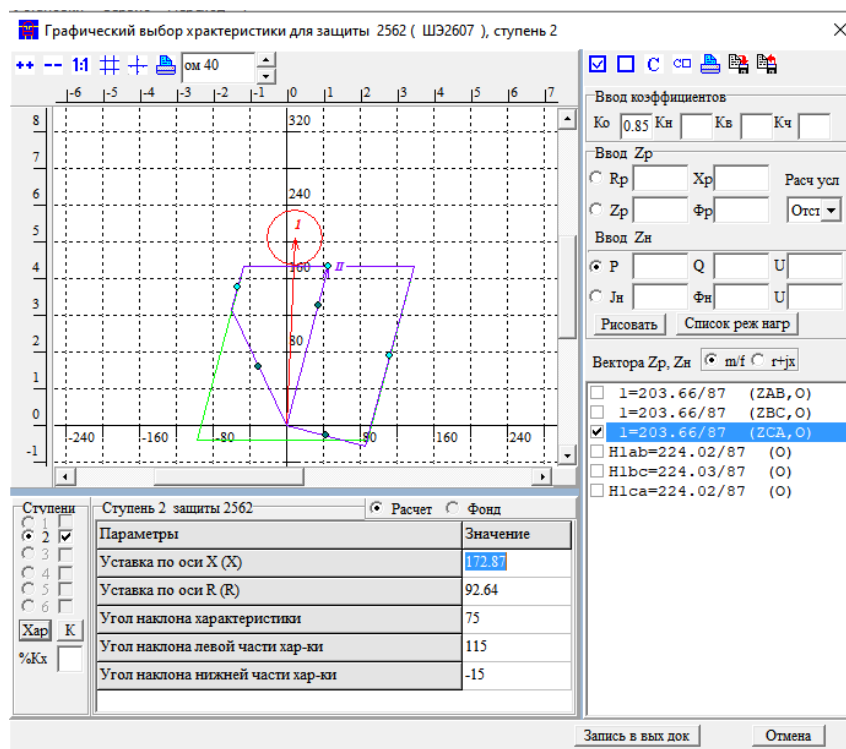


Рисунок 7 – Графический расчет отстройки второй ступени ДЗ от шин НН АТ6

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562
 Ветвь 19-250
 Узел

Тип ШЗ2607
 КТТ 600/5
 КТН 2200

ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Ступень 1

Расч условия	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	XU	172.9	0.85	ВИД-КЗ ABC		ZCA=203.66 87
	RU	92.6		УЗЕЛ-КЗ 48		
	ФМЧ	75				
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	Ф4	0				

Согласование второй ступени ДЗ 2562 линии ПС «Тулинская» – НГЭС с первой ступенью защиты отходящих линий – ДЗ 2552 линии НГЭС – ПС «Научная».

Рассчитаем характеристики срабатывания 1 ступени защиты 2552.

Задание для расчета защиты: Тульская НГЭС

Задание Редактирование ??

ВЕТВЬ 4-508
 ОТСТ 9АЩ=2552 КН=0.85 КТН=2200 КТТ=120 ЖВТ=5 КХ=0 КОМПЛЕКТ=1
 ТИП=ШЭ2607 ФМЧ=75 /*45...89*/
 Ф2=-15 Ф3=115
 ШЭ СТУП=1
 ШЭ СТУП=2 СМ=0
 ШЭ СТУП=3
 НСМ 1
 ВИД-КЗ АВС
 УЗЕЛ-КЗ 509
 ПОДРЕЖИМ 1

УЗЕЛ-КЗ У31 У32 У33 ...

Расчет Граф расч Сохранение Чтение Очистить Вых докум Выход Insert

ЗАЩИТА
 ВЕТВЬ
 ВЕТВЬ-
 УЗЕЛ
 ВКЛ_РС
 К_КОМП
 Д_КОМП
 ЗНАЧЕНИ
 ФОРМУЛ
 ОТСТ
 СОГЛ
 ЧУВС
 НАГР

Рисунок 8 – Задание на расчёт 1 ступени защиты 2552

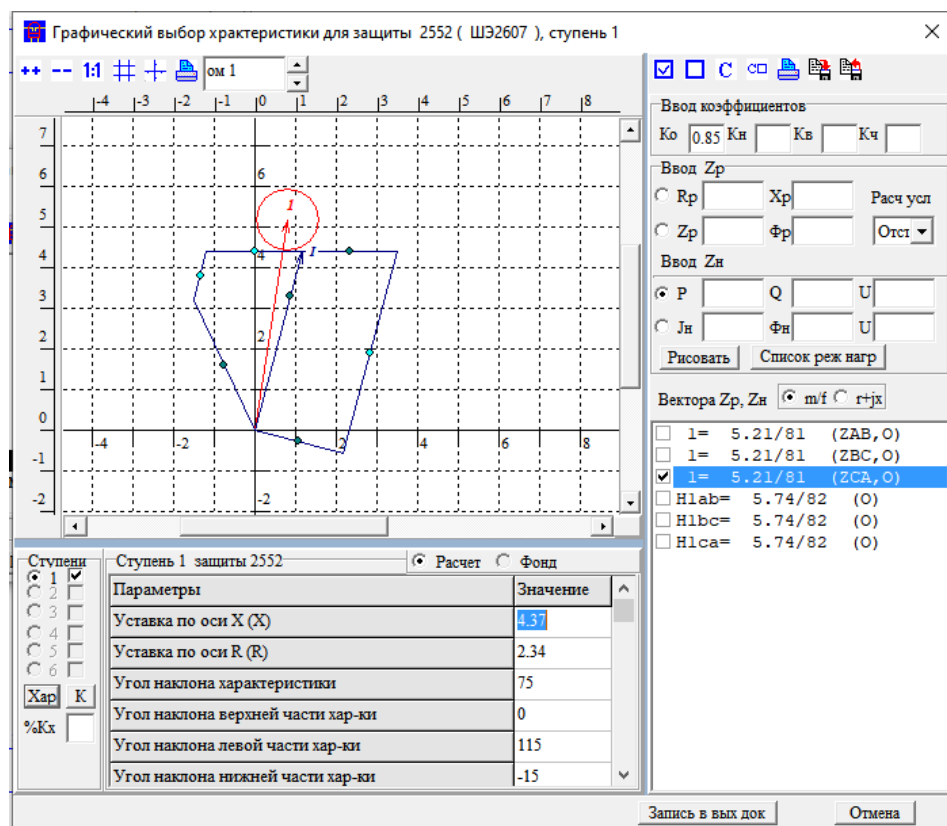


Рисунок 9 – Характеристика срабатывания 1 ступени защиты 2552

ЭЛ 255 НАУЧНАЯ-НГЭС ПС НГЭС-220
 Защита 2552 Тип ШЭ2607 Ступень 1
 Ветвь 4-508 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждения	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	ХУ	4.37	0.85	ВИД-КЗ АВС		ZCA=5.21 81
	РУ	2.30		УЗЕЛ-КЗ 509		
	РУМИН	3.67				
	ФМЧ	77				
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	Ф4	0				

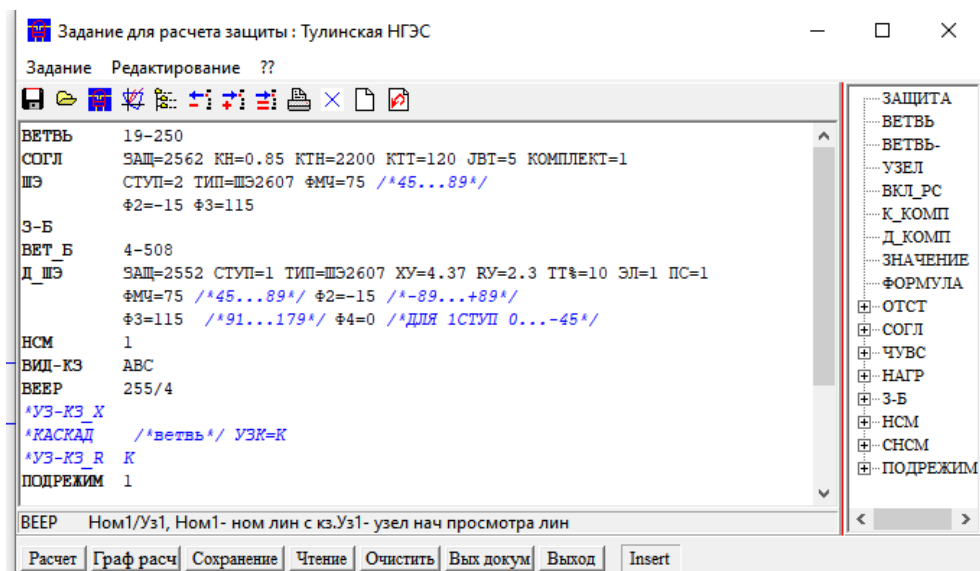


Рисунок 10 – Задание для согласования второй ступени ДЗ 2562 с первой ступенью ДЗ 2552

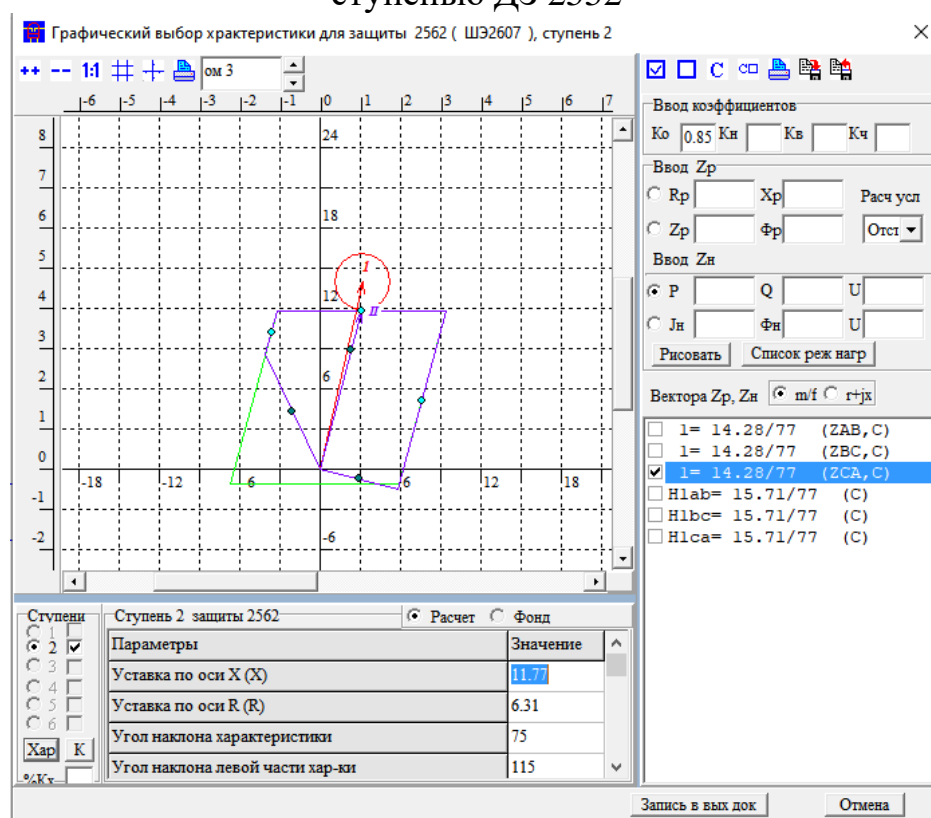


Рисунок 11 – Графический расчет согласования второй ступени ДЗ 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип ШЭ2607
 Ветвь 19-250 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200

ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Ступень 2

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ XU=4.37 RY=2.30 T=0.00 ФМЧ 75 Ф2 -15 Ф3 115 Ф4 0 защита 2552 ШЭ2607 (4.508) ЭЛ:255 НАУЧНА Я-НГЭС ПС:НГЭС-220	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3	11.8 6.31 75 -15 115	0.85	ВИД-КЗ АВС ВЕРР 255/4 4-508,0.922 (Логн дин=0.764)		ZCA=14.28 77 ZBC(B)=3.99 81

Заносим в итоговую таблицу все рассчитанные значения срабатывания второй ступени ДЗ 3411 и выбираем наименьшее значение.

Таблица 4 – Результаты расчета 2 ступени ДЗ

Согласование с объектом:	Z_{C3}^{II}
Трансформатор АТ6 на НГЭС, шины НН	92,6+j 172,9 Ом
Отходящая линия НГЭС – ПС «Научная»	6,31+j11,8 Ом

Сопrotивление срабатывания ДЗ 3411 второй ступени:

$$Z_{C3}^{II} = 6,31 + j11,8 \text{ Ом.}$$

Время срабатывания ДЗ 3411 второй ступени:

$$t_{C3}^{II} = t_{C3}^I + \Delta t = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ с.}$$

В программе строится графическая характеристика реле срабатывания второй ступени ДЗ 3411 на комплексной плоскости. (рис. 12)

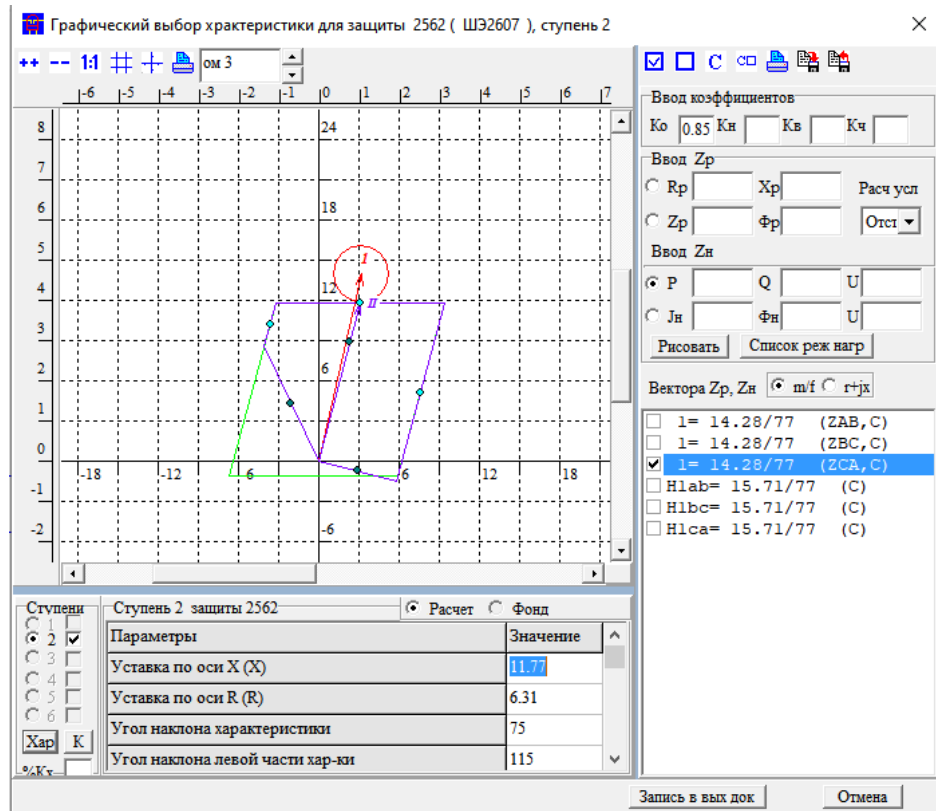


Рисунок 12 – Графическая характеристика срабатывания второй ступени ДЗ

Чувствительность второй ступени проверяется при трехфазном коротком замыкании в конце защищаемой линии, т.е. при КЗ на шинах НГЭС 220 кВ.

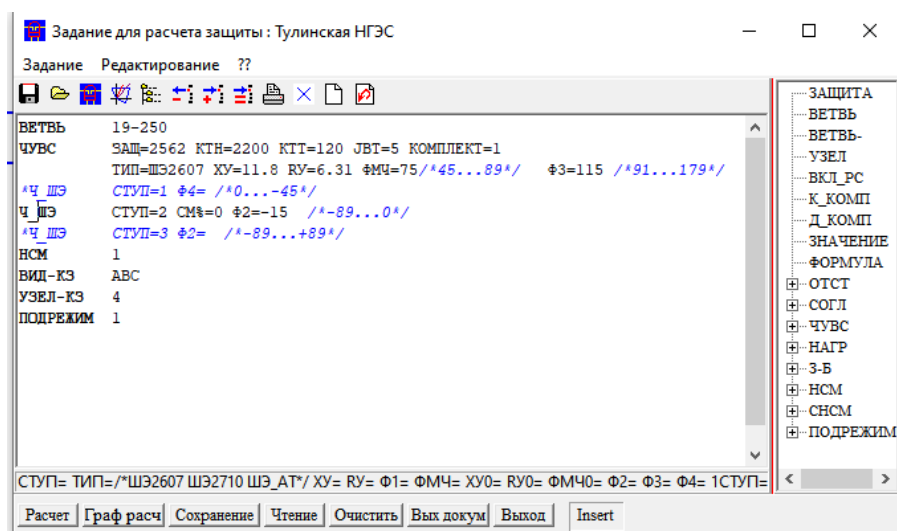


Рисунок 13 – Расчет чувствительности второй ступени ДЗ 2562

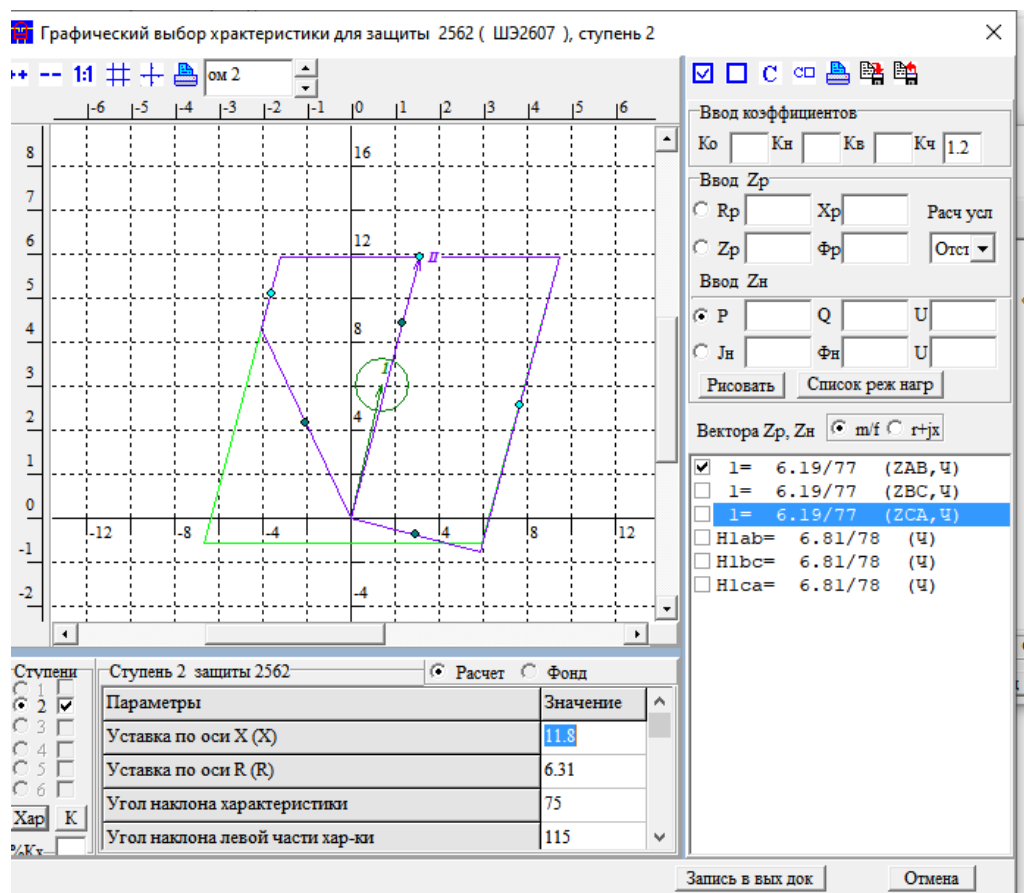


Рисунок 14 – Графическая характеристика чувствительности второй ступени
ДЗ 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562 Тип ШЭ2607 Ступень 2
Ветвь 19-250 КТТ 600/5
Узел КТН 2200

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждения	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	XU	11.8	1.96	ВИД-КЗ ABC		ZAB=6.19 77
	RY	6.31	37.57	УЗЕЛ-КЗ 4		Ip=3271 -81
	ФМЧ	75	КЧ _{ФМЧ} =			
	Ф2	-15	1.62			
	Ф3	115				
	ХВТ	0.644				
	РВТ	0.344				
	ЛТР	0.50	54.51			

$$k_q'' = 1,62 \geq 1,25.$$

Полученный коэффициент чувствительности удовлетворяет предъявляемым требованиям.

2.1.4 Расчет уставки третьей ступени

Третья ступень ДЗ отстраивается от минимального сопротивления в рабочем режиме нагрузки, то есть в условиях возможного в эксплуатации максимального рабочего тока и минимального напряжения.

Принимаем, рассчитанный ранее, $J_N=568$ А. Угол нагрузки Φ_N для сетей 110-220 кВ рекомендуется принимать 36 градусов ($\cos \varphi_H = 0,8$). Минимально допустимое напряжение составляет 95% от номинального: $U_{\min} = 200$ кВ.

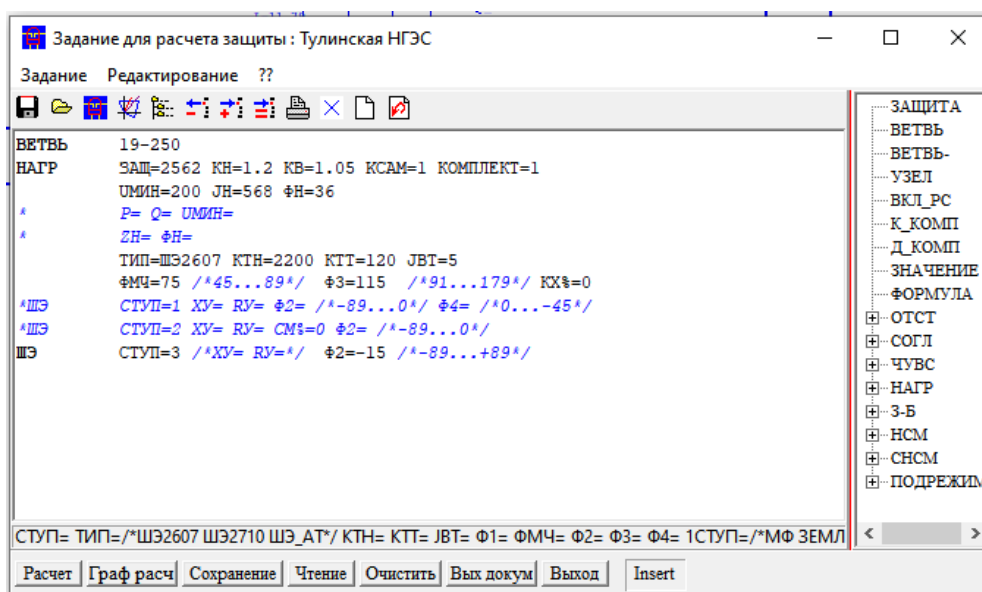


Рисунок 15 – Задание для расчета третьей ступени ДЗ
где $KH = 1,2$ – коэффициент надежности;

$KB = 1,05$ – коэффициент возврата;

$KСАМ = 1$ – коэффициент самозапуска двигателей нагрузки.

В программе строится графическая характеристика реле срабатывания третьей ступени защиты 2562 на комплексной плоскости (рис. 16).

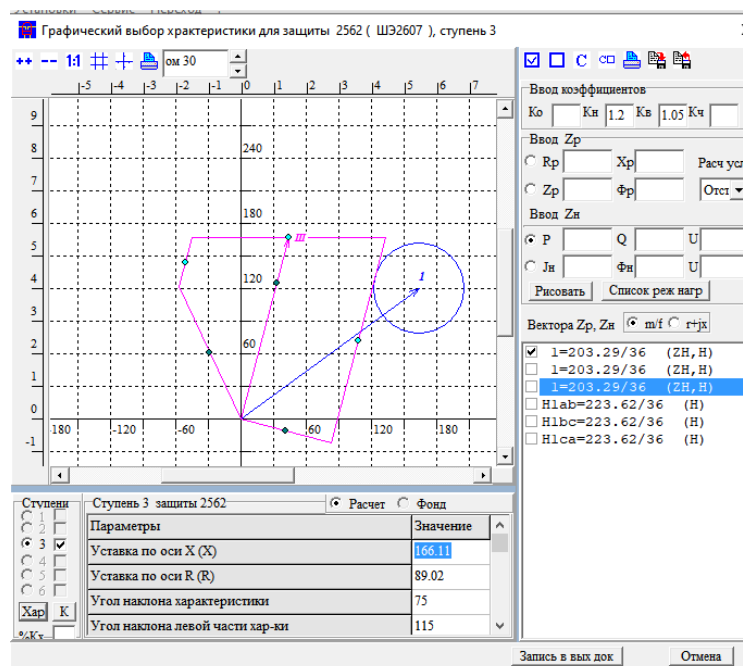


Рисунок 16 – Графический расчет третьей ступени ДЗ 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип ШЭ2607 Ступень 3
 Ветвь 19-250 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	XU RY ФМЧ Ф2 Ф3	166.1 89.0 75 -15 115	1.26		КН=1.20 КВ=1.05 КВРТ=1.05 JН=568 УМЛН=200 ФН=36	ЗН=203.29 36

Сопротивление срабатывания ДЗ 2562 третьей ступени:

$$Z_{C3}^{III} = 89 + j166,1 \text{ Ом.}$$

Время срабатывания ДЗ 3411 второй ступени:

$$t_{C3}^{III} = t_{C3}^{II} + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ с.}$$

Чувствительность третьей ступени в режиме ближнего резервирования проверяется при трехфазном коротком замыкании в конце защищаемой линии на НГЭС шины 220 кВ.

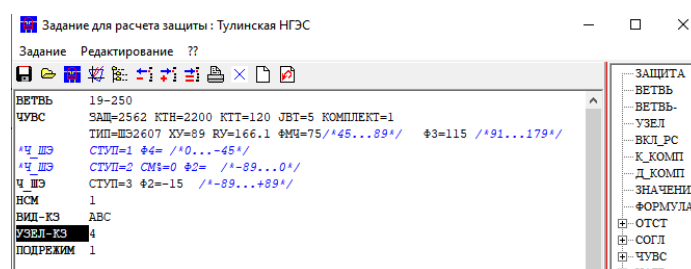


Рисунок 17 – Задание для расчета чувствительности при ближнем резервировании третьей ступени ДЗ 2562

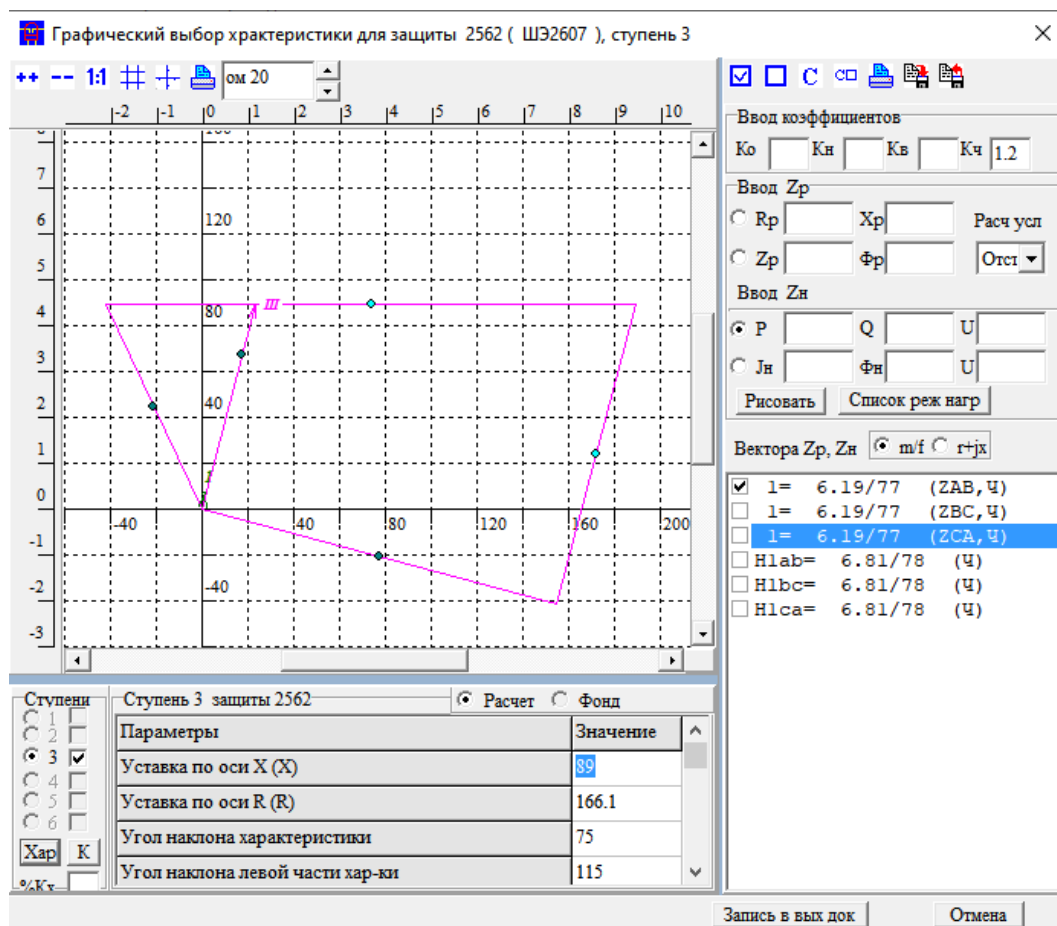


Рисунок 18 – Графический расчет чувствительности третьей степени ДЗ 2562 в режиме ближнего резервирования

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип ШЭ2607 Ступень 3
 Ветвь 19-250 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	XU	89.0	14.78	ВИД-КЗ ABC		ZAB=6.19 77
	RY	166.1	989.03	УЗЕЛ-КЗ 4		Ip=3271 -81
	ФМЧ	75	KЧзр=			
	Ф2	-15	1.62			
	Ф3	115				
	XBT	4.85				
	RBT	9.06				
	ЛТР	0.50	54.51			

Чувствительность в режиме дальнего резервирования проверяется при трехфазном коротком замыкании на объекте первой периферии, шины 220 кВ ПС Научная.

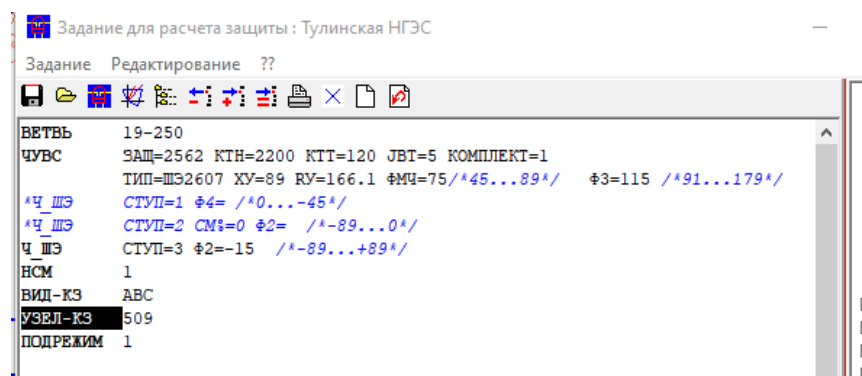


Рисунок 19 – Задание для расчета чувствительности при дальнем резервировании третьей ступени ДЗ 2562

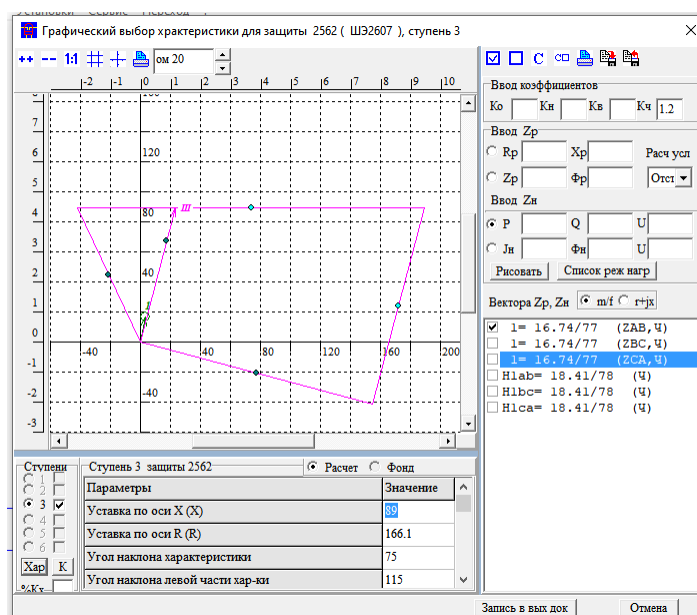


Рисунок 20 – Графический расчет чувствительности третьей ступени ДЗ 2562 в режиме дальнего резервирования

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ Тип ШЭ2607 ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Ступень 3
 Ветвь 19-250 КТТ 600/5
 Узел КТН 2200

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	XU	89.0	5.46	ВИД-КЗ АВС		ZAB=16.74 77
	RY	166.1	284.01	УЗЕЛ-КЗ 509		Ip=2322 -80
	ФМЧ	75	$k_{ЧЗП} = 1.62$			
	Ф2	-15				
	Ф3	115				
	XBT	4.85				
	RBT	9.06				
	JTP	0.50	38.71			

Коэффициент чувствительности ДЗ в режиме ближнего резервирования:

$$k_q^{\text{III}} = 1,62 \geq 1,5.$$

Коэффициент чувствительности ДЗ в режиме дальнего резервирования:

$$k_q^{III} = 1,62 \geq 1,2.$$

Полученные значения коэффициента чувствительности удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Значения сопротивлений срабатывания каждой из ступеней ДЗ сводим в таблицу.

Таблица 5 – Уставки ДЗ 3411

Ступень	Сопротивление срабатывания $Z_{CЗ}$	Время срабатывания $t_{CЗ}$.
I	$Z_{CЗ}^I = 2,73 + j5,09 \text{ Ом.}$	$t_{CЗ}^I = 0 \text{ с.}$
II	$Z_{CЗ}^{II} = 6,31 + j11,8 \text{ Ом.}$	$t_{CЗ}^{II} = 0,5 \text{ с.}$
III	$Z_{CЗ}^{III} = 89 + j166,1 \text{ Ом.}$	$t_{CЗ}^{III} = 1 \text{ с.}$

2.2 Ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности

2.2.1 Принцип действия

В сетях с эффективно заземленной нейтралью около 80 % повреждений связано с замыканием на землю, поэтому для защиты оборудования применяют устройства, которые реагируют на составляющие нулевой последовательности. Необходимость защиты от коротких замыканий на землю связана с тем, что этот вид повреждений является наиболее частым.

Защита от замыканий на землю выполняется в виде токовой ступенчатой защиты нулевой последовательности, которая содержит три или четыре ступени.

При возникновении замыкания на землю защита реагирует на появление тока в нулевом проводе, равному утроенному значению фазных токов:

$$I_0 = 3 \cdot I_{0\phi}$$

Селективность защиты обеспечивается путем введения выдержек времени на срабатывание.

Первой ступенью является токовая отсечка без выдержки времени и обеспечивает быстрое отключение короткого замыкания на начальных участках защищаемой линии.

Ток срабатывания защиты первой ступени определяется по формуле:

$$I_{сз}^I = k_n \cdot 3I_{0расч},$$

где, $k_n = (1,3 \div 1,5)$ – коэффициент надежности;

$3I_{0расч}$ – ток однофазного короткого замыкания, протекающий через защиту на защищаемой линии, при коротком замыкании на землю в конце действия первой ступени защиты.

Вторая ступень защиты должна надежно охватывать защищаемую линию. Она должна быть согласована с первой ступенью защиты следующей линии:

$$I_{сз}^{II} = k_n \cdot 3I_{0расч},$$

где, $k_n = 1,1$ – коэффициент надежности;

$3I_{0расч}$ – ток однофазного короткого замыкания, протекающий через защиту на защищаемой линии, при коротком замыкании в конце действия первой ступени защиты прилегающей линии.

Ток срабатывания второй ступени защиты должен быть отстроен от режима короткого замыкания на землю за трансформатором. Точка замыкания берется на стороне напряжения сети с глухозаземленной нейтралью.

Чувствительность второй ступени оценивается по току однофазного короткого замыкания на шинах противоположной подстанции. Значение коэффициента чувствительности должно быть:

$$k_{\chi} \geq 1,5.$$

Ток срабатывания третьей ступени выбирается из условия согласования со второй ступенью следующей линии или с первой ступенью защиты от коротких замыканий на землю трансформатора противоположной подстанции.

Чувствительность для третьей ступени оценивается так же, как и для второй ступени.

Четвертая ступень выполняет задачи резервирования. Ток срабатывания четвертой ступени должен отстраиваться от токов небаланса в нулевом проводе трансформатора тока. При трехфазных коротких замыканиях на стороне низшего напряжения трансформаторов, установленных на своей или противоположной подстанции. Для расчета используется следующее выражение:

$$I_{сз}^{IV} = k_n \cdot k_{пер} \cdot k_{нб} \cdot I_{расч},$$

где, $k_n = 1,25$ – коэффициент надежности;

$k_{пер} = 1$ – коэффициент, учитывающий увеличение тока небаланса в переходном режиме;

$k_{нб} = 0,05$ – принимается, если $I_{расч} = (2 \div 3) \cdot I_{ном}$, при больших значениях $k_{нб} = (0,05 \div 1)$.

Помимо этого, существует упрощенное выражение для определения тока срабатывания:

$$I_{сз}^{IV} = (0,05 \div 1) \cdot I_{ном}.$$

Он должен быть не меньше 60 А. [8]

Чувствительность четвертой ступени оценивается по однофазному короткому замыканию в конце зоны дальнего резервирования и его значения должно быть:

$$k_{ч} \geq 1,2.$$

2.2.2 Расчет уставки первой ступени

Ток срабатывания первой ступени отстраивается от максимального тока нулевой последовательности при коротком замыкании на противоположной подстанции, на шинах Новосибирской ГЭС.

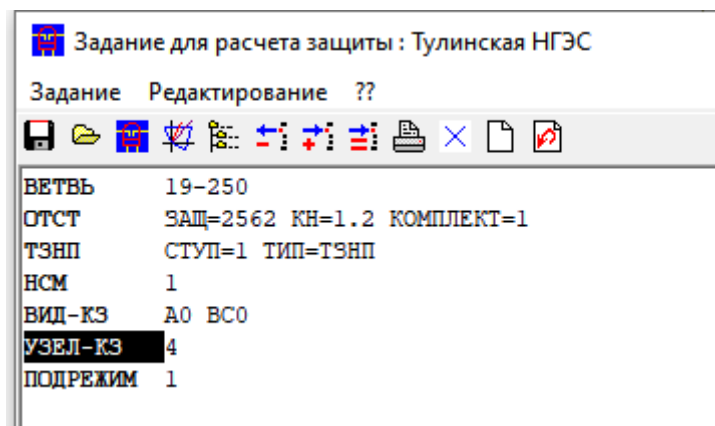


Рисунок 21 – Задание для расчета первой ступени СТЗНП 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип ТЗНП Ступень 1
 Ветвь 19-250 КТТ
 Узел КТН

Расч. условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл. величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	3523	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 4		3I0=2936 -81 3U0=102.48 -178
	УСТ	3418	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 4		3I0=2848 99 3U0=99.42 2

Ток срабатывания первой ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$I_{сз}^I = 3523 \text{ А.}$$

Для исключения ложной работы защиты вводится замедление на срабатывание равное 0,2 с.

Время срабатывания первой ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$t_{сз}^I = 0,2 \text{ с.}$$

Чувствительность первой ступени допускается не проверять.[8]

2.2.3 Расчет уставки второй ступени

Вторая ступень защиты должна быть:

– Согласована с первой ступенью защит отходящих линий;

– Отстроена от КЗ за выводами СН прилегающего автотрансформатора;
Отстраиваем 2 степень защиты от КЗ в узле 1

Задание для расчета защиты : Тулинская НГЭС

Задание Редактирование ??

ВЕТВЬ 19-250
 ОТСТ ЗАЩ=2562 КН=1.2 КОМПЛЕКТ=1
 ТЗНП СТУП=2 ТИП=ТЗНП
 НСМ 1
 ВИД-КЗ А0 ВС0
 УЗЕЛ-КЗ 1
 ПОДРЕЖИМ 1

Рисунок 22 – Задание для отстройки 2 степени защиты от КЗ за выводами трансформатора

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип ТЗНП Ступень 2
 Ветвь 19-250 КТТ
 Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	982	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 1		3I0=818 -85 3U0=63.39 -180
	УСТ	768	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 1		3I0=640 94 3U0=49.60 -1

Расчет первой ступени СТЗНП линии НГЭС – ПС «Научная».

Задание для расчета защиты : Тулинская НГЭС

Задание Редактирование ??

ВЕТВЬ 4-508
 ОТСТ ЗАЩ=2552 КН=1.2 КОМПЛЕКТ=1
 ТЗНП СТУП=1 ТИП=ТЗНП
 НСМ 1
 ВИД-КЗ А0 ВС0
 УЗЕЛ-КЗ 509
 ПОДРЕЖИМ 1

Рисунок 23 – Задание для расчета первой ступени СТЗНП 2552

ЭЛ 255 НАУЧНАЯ-НГЭС

ПС НГЭС-220

Защита 2552

Тип	ТЗНП
-----	------

Степень 1

ВЕТВЬ 4-508

KTT

Узел

KTH

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрезим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	6605	1.20	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 509		3I0=5504 -83 3U0=87.12 -177
	УСТ	5831	1.20	ВИД-КЗ ВС0 УЗЕЛ-КЗ 509		3I0=4859 98 3U0=76.91 4

Согласуем вторую ступень СТЗНП линии ПС «Тульская» – НГЭС с первой ступенью ТЗНП параллельной линии НГЭС – ПС «Научная».

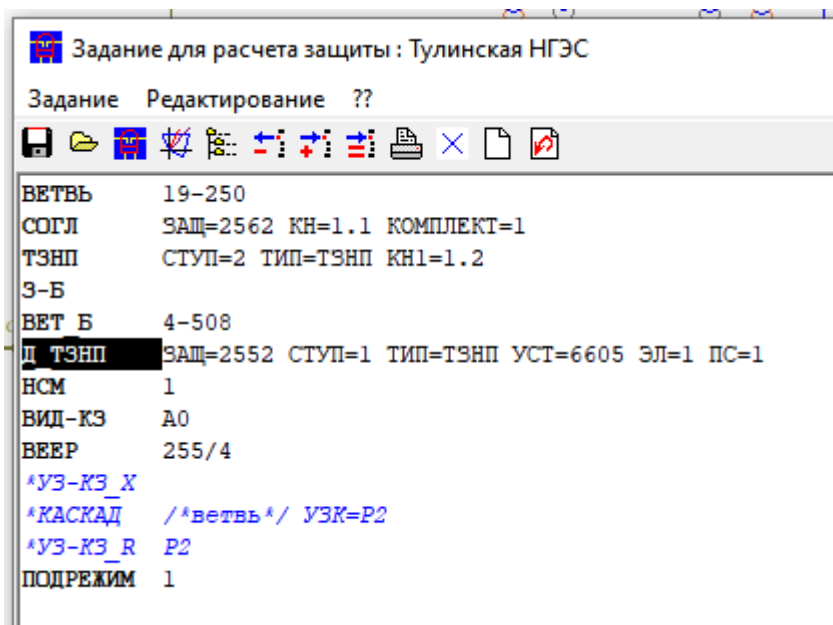


Рисунок 24 – Задание для согласования второй ступени СТЗНП 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ

ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ

Защита 2562

Тип ТЗНП

СТУПЕНЬ 2

ВЕТВЬ 19-250

KTT

Узел

KTH

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 6605 T=0.00 защита 2552 ТЗНП (4-508) ЭЛ:255 НАУЧНА Я-НГЭС ПС:НГЭС-220	УСТ	2226	1.10	ВИД-КЗ А0 ВЕРР 255/4 4-508,0.831 (Лотн_лин=0.689)		3Ю=2024 -78 3У0=72.92 -175 3Ю(Б)=6605 -84 3У0(Б)=100.78 -177

Заносим в итоговую таблицу все рассчитанные значения срабатывания второй ступени ступенчатой токовой защиты нулевой последовательности 2562 и выбираем наибольшее значение.

Таблица 6 – Результаты расчета 2 ступени СТЗНП 2562

Согласование с объектом:	$I_{сз}''$
Отстройка от КЗ на землю за АТ6 НГЭС	982 А
Защита 2552 прилегающей линии НГЭС – ПС «Научная»	2226 А

Ток срабатывания второй ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$I_{сз}'' = 2226 \text{ А.}$$

Время срабатывания второй ступени токовой защиты нулевой последовательности выбирается на шаг селективности выше первой ступени. Шаг селективности принимаем равным 0,5 с:

$$t_{сз}'' = t_{сз}^I + \Delta t = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ с.}$$

Чувствительность второй ступени проверяется по току однофазного короткого замыкания в конце защищаемой линии.

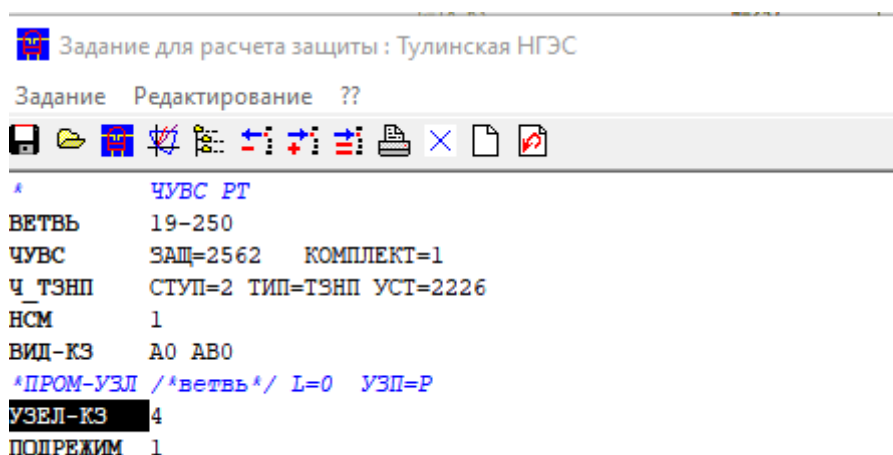


Рисунок 25 – Задание для расчета чувствительности второй ступени СТЗНП 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип ТЗНП Ступень 2
 Ветвь 19-250 КТТ
 Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	2226	1.32	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 4		3I0=2936 -81 3U0=102.48 -178
	УСТ	2226	1.28	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 4		3I0=2848 -141 3U0=99.42 122

Коэффициент чувствительности второй ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$k_u = 1,32 > 1,2.$$

Полученное значение коэффициента чувствительности соответствует предъявляемым требованиям при КЗ на землю в конце защищаемой линии, следовательно, нет необходимости использовать третью ступень для поддержания необходимого уровня чувствительности.

2.2.5 Расчет уставки четвертой ступени

Ток срабатывания четвертой ступени должен отстраиваться от токов небаланса в нулевом проводе трансформатора тока при максимально возможном токе в линии.

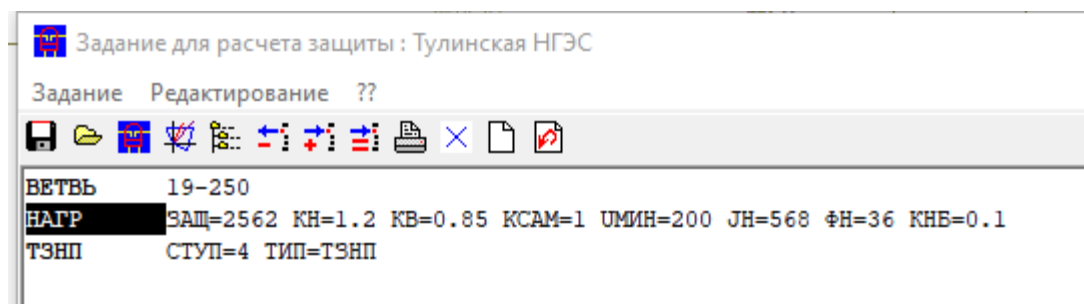


Рисунок 26 – Задание для расчета четвертой ступени СТНЗНП 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ	ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562	Тип ТЗНП
Ветвь 19-250	Ступень 4
Узел	КТТ
	КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	УСТ	80			КН=1.20 КВ=0.85 КВРТ=0.85 КНБ=0.10 JH=568	

Минимально допустимым током срабатывания является ток величиною 80 А. Ток срабатывания четвертой ступени токовой защиты нулевой последовательности:

$$I_{c3}^{IV} = 80 \text{ A.}$$

Выдержка времени четвертой ступени токовой защиты нулевой последовательности определяется по ступенчатому принципу.

$$t_{c3}^{IV} = t_{c3}^{II} + \Delta t = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ c.}$$

Чувствительность четвертой ступени оценивается по однофазному короткому замыканию в зоне дальнего резервирования.

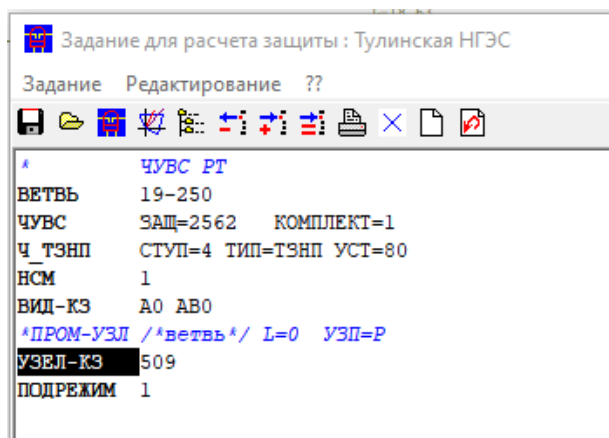


Рисунок 27 – Задание для расчета чувствительности четвертой ступени СТНЗНП 2562 в режиме дальнего резервирования

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562 Тип ТЗНП Ступень 4
Ветвь 19-250 КТТ
Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ	80	21.53	ВИД-КЗ А0 УЗЕЛ-КЗ 509		3I0=1722 -77 3U0=63.51 -175
	УСТ	80	19.01	ВИД-КЗ АВ0 УЗЕЛ-КЗ 509		3I0=1520 -136 3U0=56.06 126

Коэффициент чувствительности четвертой ступени токовой защиты нулевой последовательности в режиме дальнего резервирования:

$$k_u = 21,53 \geq 1,2$$

Полученное значение коэффициентов чувствительности удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Составляем итоговую таблицу, в которой показаны значения токов срабатывания каждой из ступеней токовой защиты нулевой последовательности.

Таблица 7 – Уставки СТЗНП 2562

Степень	Ток срабатывания $I_{сз}$	Время срабатывания $t_{сз}$	Коэффициент чувствительности $K_{чmin}$
I	$I_{сз}^I = 3523 \text{ А.}$	$t_{сз}^I = 0 \text{ с.}$	–
II	$I_{сз}^{II} = 2226 \text{ А.}$	$t_{сз}^{II} = 0,5 \text{ с.}$	$k_{ч} = 1,32 \geq 1,2$
IV	$I_{сз}^{IV} = 80 \text{ А.}$	$t_{сз}^{IV} = 1,5 \text{ с.}$	$k_{ч} = 21,53 \geq 1,2$

2.3 Токовая ступенчатая направленная защита

2.3.1 Принцип действия

Токовые ступенчатые защиты представляют собой сочетание токовых отсеков и максимальной токовой защиты, что позволяет выполнить полноценную защиту с высоким быстродействием. Токовые ступенчатые защиты выполняются в виде трех ступеней.

Первая ступень – токовая отсечка мгновенного действия, защищает начальный участок линии. Вторая ступень – токовая отсечка с выдержкой времени, предназначена для надежной защиты оставшегося участка линии. Третья ступень – максимальная токовая защита, выполняет функции ближнего и дальнего резервирования.

Уставки первой ступени выбираются из условия отстройки от токов трехфазных коротких замыканий на шинах противоположных подстанций.

Вторая ступень защиты должна надежно охватывать защищаемую линию. Ее ток срабатывания согласуется с первой ступенью защиты смежной линии. Выдержка времени принимается равной $(0,4 \div 0,5) \text{ с.}$ Чувствительность второй ступени проверяется по минимальному току двухфазного короткого замыкания в конце линии. Значения коэффициента чувствительности должно быть:

$$k_{ч} \geq 1,2$$

Ток срабатывания третьей ступени отстраивается от нагрузочных режимов, а выдержка времени согласуется с защитами отходящих присоединений.

Чувствительность третьей ступени в режиме ближнего резервирования проверяется по короткому замыканию в конце защищаемой линии. Значение коэффициента чувствительности в режиме ближнего резервирования:

$$k_{\text{ч}} \geq 1,5$$

В режиме дальнего резервирования чувствительность проверяется по короткому замыканию в конце резервируемой линии. Значение коэффициента чувствительности равно:

$$k_{\text{ч}} \geq 1,2$$

2.3.2 Расчет первой ступени

Ток срабатывания первой ступени выбирается при трехфазном коротком замыкании на шинах противоположной подстанции. Проводим короткое замыкание на шинах НГЭС 220 кВ.

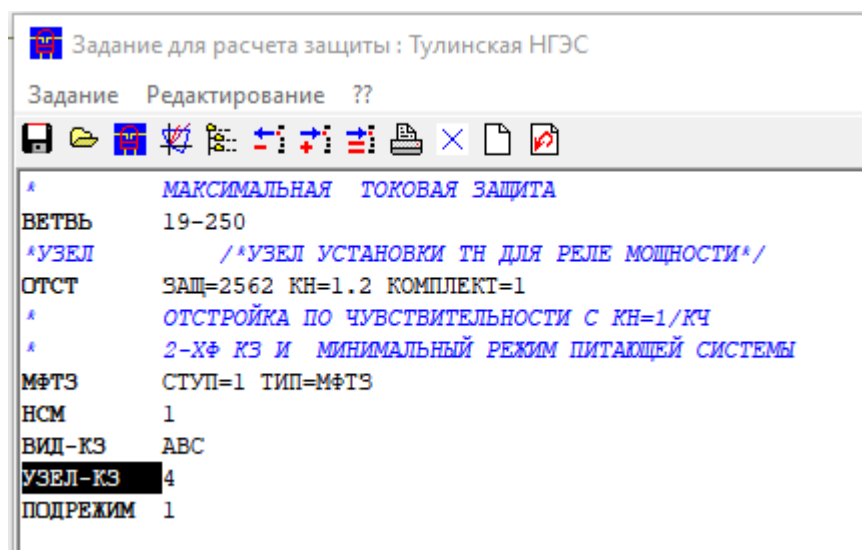


Рисунок 28 – Задание для расчета первой ступени СТЗ 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562 Тип МФТЗ Ступень 1
Ветвь 19-250 КТТ
Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	4532	1.20	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 4		IA=3777 -81

Ток срабатывания первой ступени токовой ступенчатой защиты:

$$I_{\text{сз}}^I = 4532 \text{ A}$$

Время срабатывания первой ступени токовой ступенчатой защиты:

$$t_{сз}^I = 0 с$$

Проверка чувствительности первой ступени.

Чувствительность проверяется при двухфазном коротком замыкании в начале защищаемой линии.

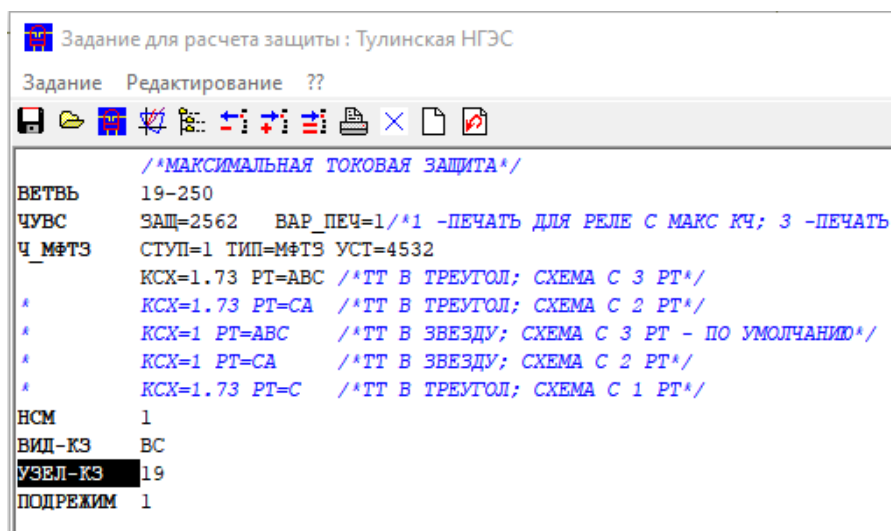


Рисунок 29 – Задание для расчета чувствительности первой ступени СТЗ

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562 Тип МФТЗ Ступень 1
Ветвь 19-250 КТТ
Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	4532 1.73 ABC	1.50	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 19		IB=5890 8 Ip=11780 8

Коэффициент чувствительности первой ступени токовой ступенчатой защиты:

$$k_q^I = 1,5 \geq 1,5$$

Таким образом первая ступень СТЗ надежно охватывает начальный участок линии 220 кВ ПС «Тулинская» – НГЭС.

2.3.3 Расчет уставки второй ступени

Зона действия второй ступени ТНЗ должна надежно охватывать защищаемую линию и небольшой участок следующей отходящей линии.

Расчет первой ступени ДЗ отходящей линии НГЭС – ПС «Научная».

Задание для расчета защиты : Тульская НГЭС

Задание Редактирование ??

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОКОВАЯ ЗАЩИТА

ВЕТВЬ 4-508

УЗЕЛ /*УЗЕЛ УСТАНОВКИ ТН ДЛЯ РЕЛЕ МОЩНОСТИ*/

ОТСТ ЗАЩ=2552 КН=1.2 КОМПЛЕКТ=1

/* ОТСТРОЙКА ПО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ С КН=1/КЧ

/* 2-ХФ КЗ И МИНИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПИТАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

МФТЗ СТУП=1 ТИП=МФТЗ

НСМ 1

ВИД-КЗ АВС

УЗЕЛ-КЗ 509

ПОДРЕЖИМ 1

Рисунок 30 – Задание для расчета первой ступени СТЗ 2552

ЭЛ 255 НАУЧНАЯ-НГЭС ПС НГЭС-220
 Защита 2552 Тип МФТЗ Ступень 1
 Ветвь 4-508 КТТ
 Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ОТСТРОЙКА	УСТ	6507	1.20	ВИД-КЗ АВС УЗЕЛ-КЗ 509		IA=5423 -84

Производим согласование с первой ступенью защиты отходящей линии НГЭС – ПС «Научная».

Задание для расчета защиты : Тульская НГЭС

Задание Редактирование ??

СОГЛ ЗАЩ=2562 КН=1.2 КОМПЛЕКТ=1

МФТЗ СТУП=2 ТИП=МФТЗ /*МФТЗ_Н МФТЗ_М*/

/* ЛИБО ЛЮБОЙ ДРУГОЙ ТИП РАССЧИТЫВАЕМОЙ ЗАЩ ИЗ МЕНЮ

З-Б

ВЕТ_Б 4-508

УЗЕЛ_Б /*УЗЕЛ УСТАНОВКИ ТН ДЛЯ ОРГАНА ПУСКА*/

Д_МФТЗ ЗАЩ=2552 СТУП=1 ТИП=МФТЗ УСТ=6507

НСМ 1

ВИД-КЗ АВС

ВЕР 255/4

УЗ-КЗ_X

КАСКАД /*ветвь*/ УЗК=К

УЗ-КЗ_R К

ПОДРЕЖИМ 1

Рисунок 31 – Задание на согласования второй ступени СТЗ 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип МФТЗ
 Ветвь 19-250 КТТ
 Узел КТН

ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Ступень 2

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
СОГЛАСОВАНИЕ с 1 СТУПЕНЬЮ 6507 T=0.00 защита 2552 МФТЗ (4-508) ЭЛ:255 НАУЧНА Я-НГЭС ПС:НГЭС-220	УСТ	3831	1.20	ВИД-КЗ ABC ВЕЕР 255/4 4-508,0.570 (Лотн_лин=0.473)		IB=3192 159 IB(B)=6507 156

Ток срабатывания второй ступени токовой ступенчатой защиты:

$$I_{сз}^{II} = 3831 A$$

Проверка чувствительности второй ступени

Производим двухфазное короткое замыкание на шинах НГЭС 220 кВ.

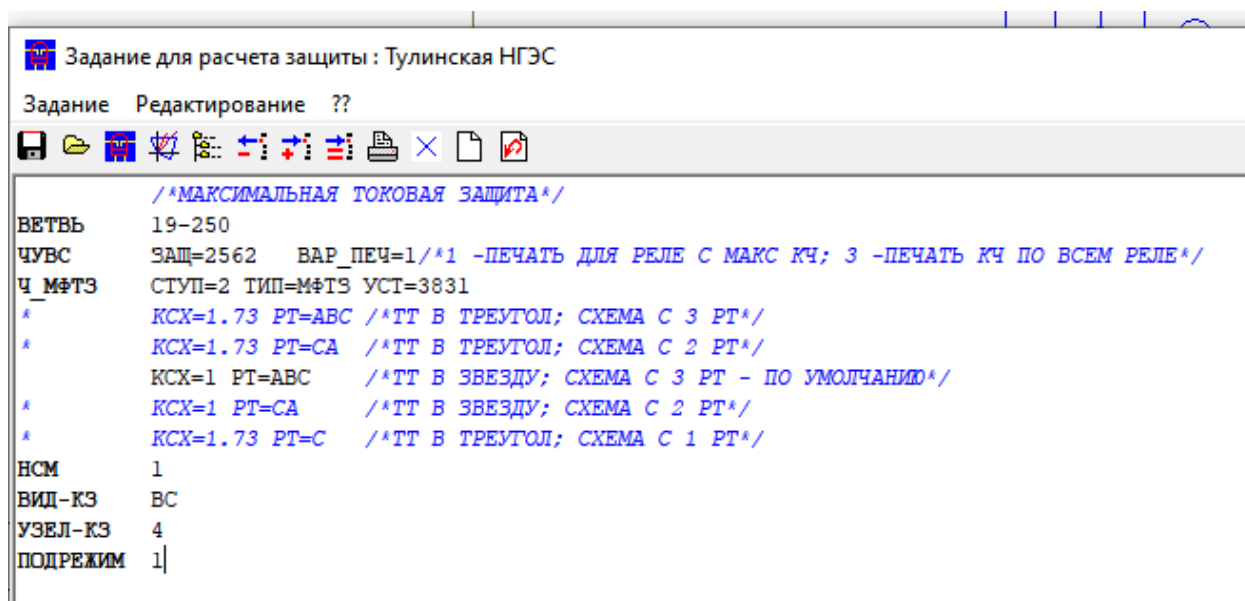


Рисунок 32 – Задание для расчета чувствительности второй ступени СТЗ 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ
 Защита 2562 Тип МФТЗ
 Ветвь 19-250 КТТ
 Узел КТН

ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
 Ступень 2

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ- НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	3831 1.00 ABC	0.85	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 4		IC=3271 9 Ip=3271 9

Коэффициент чувствительности:

$$k_q'' = 0,85 \leq 1,2$$

Исходя из величины коэффициента чувствительности можно утверждать, что при уставке 3831 А 2 ступень СТЗ не будет надёжно охватывать защищаемую линию.

Подберём уставку срабатывания защиты исходя из удовлетворения проверки по коэффициенту чувствительности.

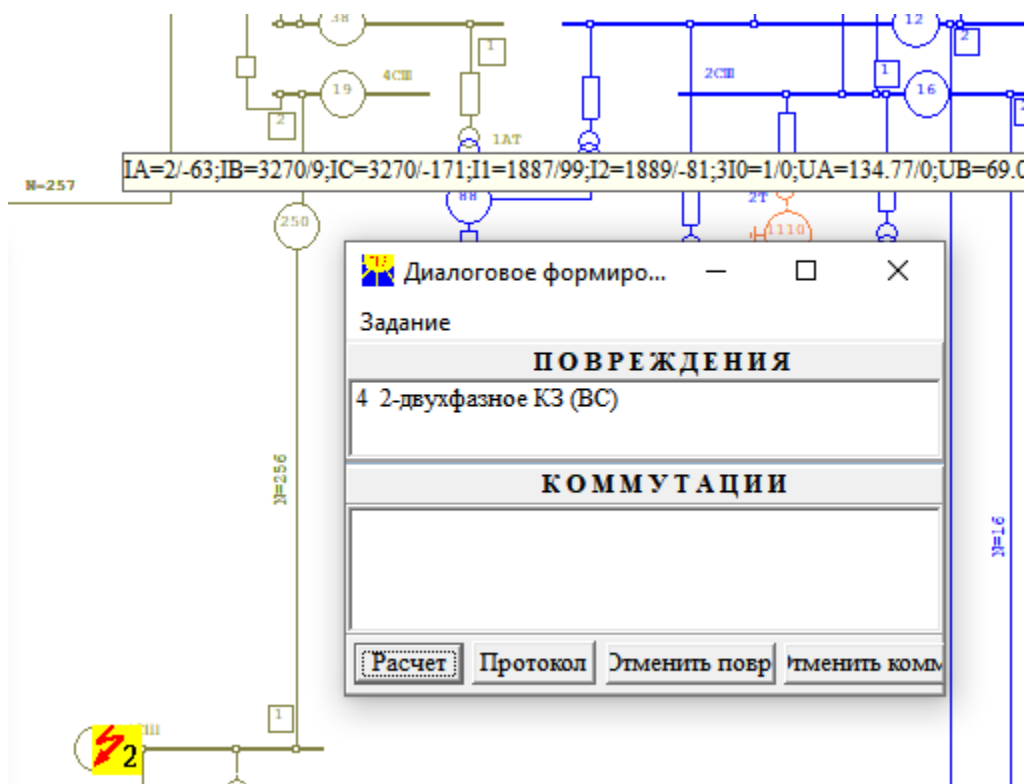


Рисунок 33 –Измерение тока в ветви 19-250

при $K^{(2)}$ на шинах НГЭС 220 кВ

Ток через защиту 2562 при двухфазном КЗ на шинах НГЭС 220 кВ составляет 3270 А. Исходя из этого, можно посчитать величину уставки 2 ступени, которая будет удовлетворять требованию чувствительности:

$$I_{C3}^n = \frac{3270}{k_{\text{треб}}} = \frac{3270}{1,2} = 2725 \text{ A}$$

Проверим токи через защиту при различных видах замыканий на прилегающих объектах и убедимся в том, что защита не будет иметь излишних срабатываний.

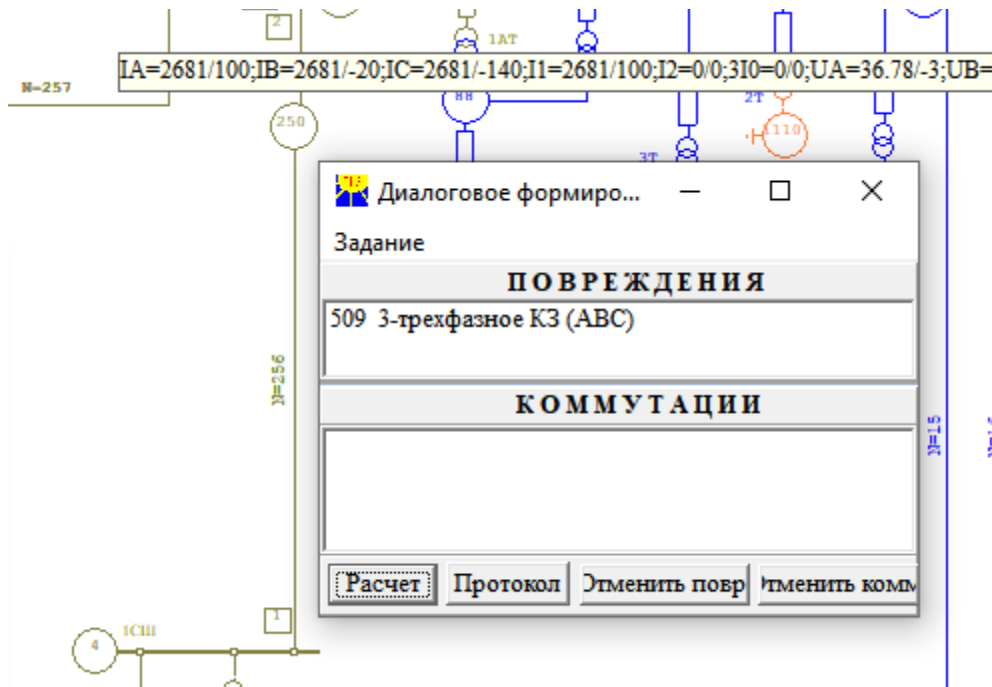


Рисунок 34 – Величина тока через защиту при К⁽³⁾ на шинах ПС Научная 220 кВ

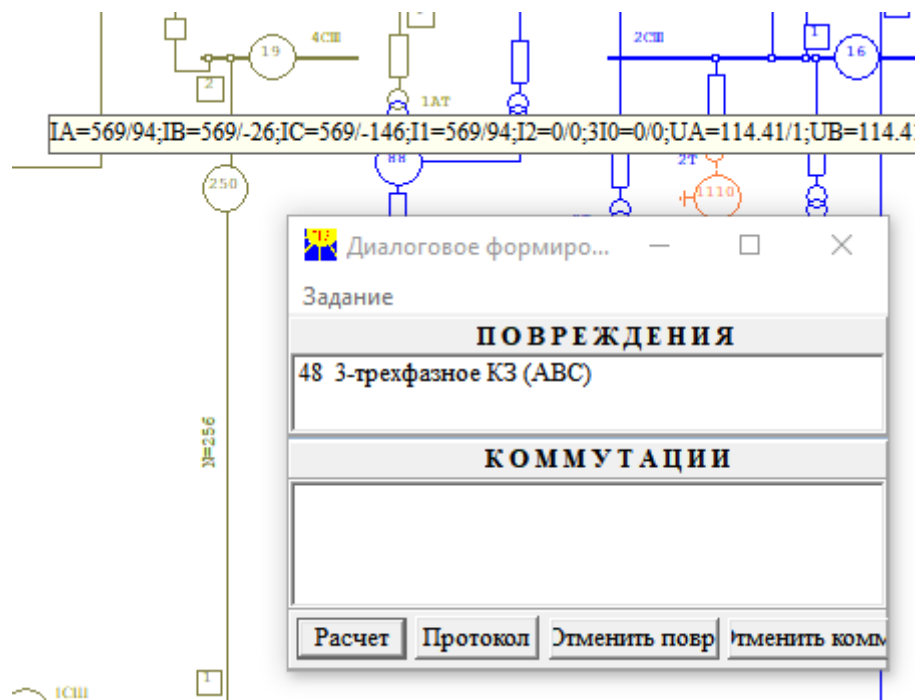


Рисунок 35 – Величина тока через защиту при К⁽³⁾ на шинах НН АТ

Из рисунков 34 и 35 видно, что максимальный ток через защиту при трёхфазных КЗ на прилежащих объектах не превышает выбранной уставки 2725 А. Следовательно, принимаем уставку 2 ступени СТЗ равной 2725 А.

Теперь вторая ступень группы СТЗ надёжно охватывает линию 220 кВ ПС Тулинская – НГЭС.

Время срабатывания второй ступени ступенчатой токовой направленной защиты выбирается на шаг селективности выше первой ступени. Шаг селективности принимаем равным 0,5 с:

$$t_{сз}^{II} = t_{сз}^I + \Delta t = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ с.}$$

Таким образом, вторая ступень СТЗ надёжно охватывает защищаемую линию.

2.3.4 Расчет уставки третьей ступени

Третья ступень – направленная МФЗ. Ток срабатывания должен отстраиваться от нагрузочных режимов.

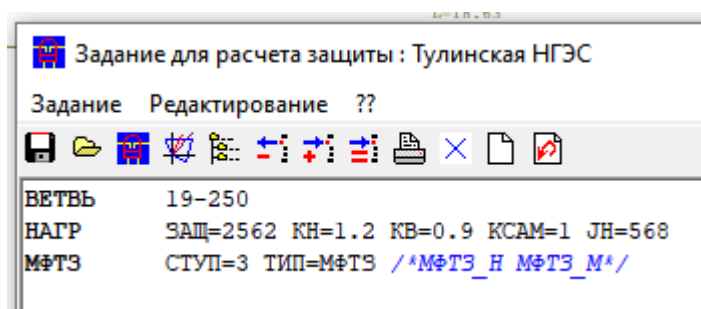


Рисунок 36 – Задание для расчета третьей ступени СТЗ 2562

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562 Тип МФЗ Ступень 2
Ветвь 19-250 КТТ
Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
НАГРУЗКА	УСТ	733			КН=1.20 КВ=0.90 JH=550	

Ток срабатывания третьей ступени токовой ступенчатой защиты:

$$I_{сз}^{III} = 733 \text{ А}$$

Время срабатывания третьей ступени токовой ступенчатой защиты:

$$t_{сз}^{III} = t_{сз}^{II} + 0,5 = 1 \text{ с}$$

Проверка чувствительности третьей ступени

Чувствительность третьей ступени проверяется при двухфазном КЗ на шинах НГЭС.

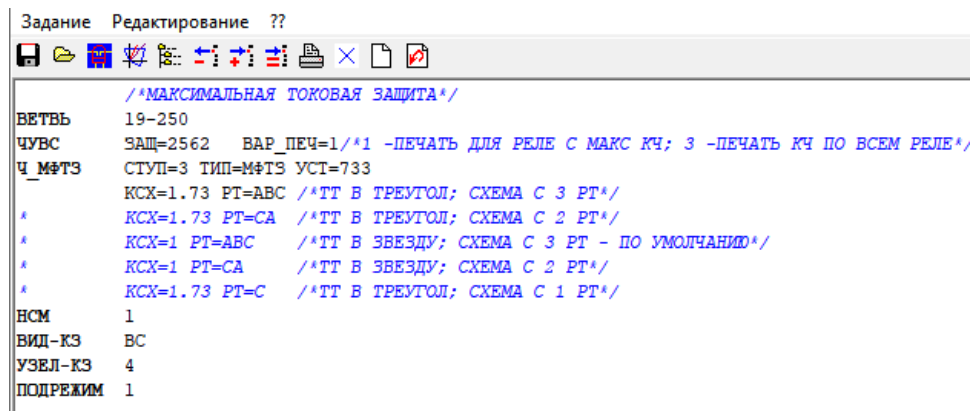


Рисунок 37 – Задание для расчета чувствительности третьей ступени СТЗ 2562 ближнее резервирование

Чувствительность в режиме ближнего резервирования проверяется по двухфазному короткому замыканию в конце защищаемой линии.

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562 Тип МФТЗ Ступень 3
Ветвь 19-250 КТТ
Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ-НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	733 1.73 АВС	5.16	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 4		ИВ=3270 -171 Ip=6541 -171

Коэффициент чувствительности:

$$k_q^{III} = 5,16 \geq 1,5$$

Полученное значение коэффициента чувствительности удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Чувствительность в режиме дальнего резервирования проверяется по короткому замыканию в конце резервируемого объекта.

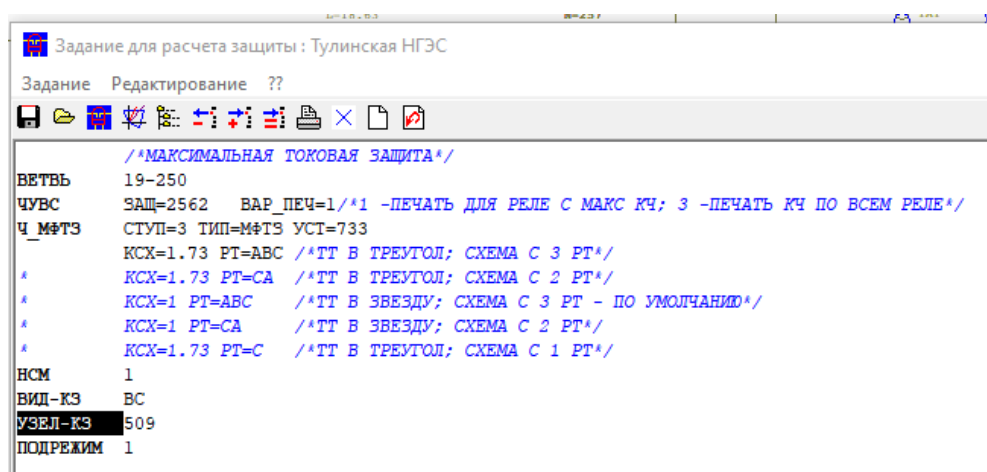


Рисунок 38 – Задание для расчета чувствительности третьей ступени СТЗ
2562 дальнейшее резервирование

ЭЛ 256 НГЭС-ТУЛИНСКАЯ ПС 4СШ ТУЛИНСКАЯ
Защита 2562 Тип МФТЗ Ступень 3
Ветвь 19-250 КТТ
Узел КТН

Расч условие	Имя	Знач	К	Повреждение	Подрежим	Эл величины
ЧУВСТВИ- НОСТЬ	УСТ КСХ РТ	733 1.73 ABC	3.66	ВИД-КЗ ВС УЗЕЛ-КЗ 509		IB=2322 -170 Ip=4645 -170

Коэффициент чувствительности:

$$k_q^{III} = 3,66 \geq 1,5$$

Полученное значение коэффициента чувствительности удовлетворяет предъявляемым требованиям.

Составляем итоговую таблицу, в которой показаны значения токов срабатывания каждой из ступеней токовой ступенчатой защиты.

Таблица 8 – Параметры токовой ступенчатой защиты

Ступень	Ток срабатывания I_{C3} .	Время срабатывания t_{C3} .
I	$I_{C3}^I = 4532 \text{ A}$	$t_{C3}^I = 0 \text{ c}$
II	$I_{C3}^{II} = 3831 \text{ A}$	$t_{C3}^{II} = 0,5 \text{ c}$
III	$I_{C3}^{III} = 733 \text{ A}$	$t_{C3}^{III} = 1 \text{ c}$

3. Проектирование программы по подбору оптимального положения отпаяк устройств регулирования напряжения трансформаторов

Для успешного выполнения раздела было необходимо спроектировать программу, которая будет осуществлять автоматический подбор номера отпайки устройства РПН трансформаторов заданной сети таким образом, чтобы значение напряжения на шинах НН данных трансформаторов было максимально близко к заданному номинальному значению.

Проектирование велось с помощью встроенных возможностей взаимодействия с интерфейсами RastrWin 3 на языке C# в Visual Studio 2019 Community Edition. В качестве исходных данных была принята тестовая сеть, заданная файлом режима. Исходная сеть состоит из 35 узлов и 40 ветвей.

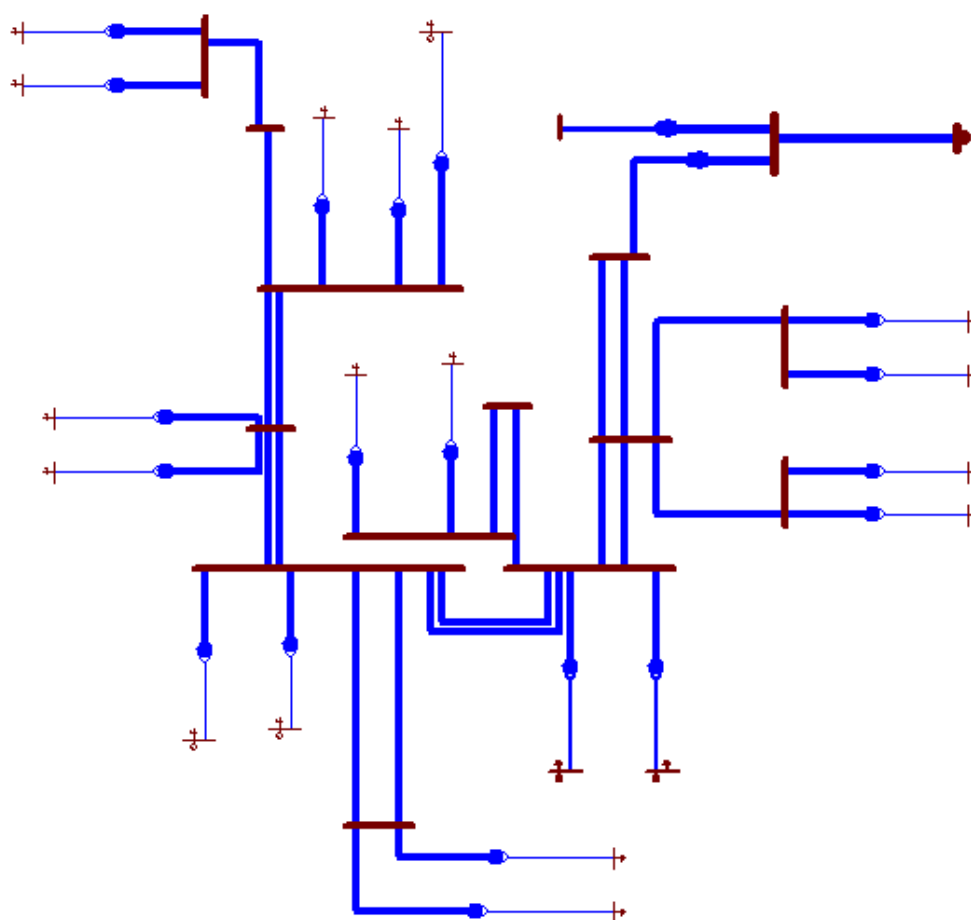


Рисунок 39 – Графическое изображение модели в RastrWin 3

Первоначально необходимо было по исходным данным подобрать трансформаторы, у которых номинальное напряжение низшей стороны равняется 10 кВ и обозначить ветви, которые ведут к нагрузке от данных трансформаторов. В результате, было обозначено 14 ветвей и выделено 4 типа трансформаторов: ТРДН-40000/220, ТДЦ-80000/220, ТДЦ-125000/220; ТРДЦН-160000/220.

Далее был разработан файл анцапф, в котором были указаны паспортные данные устройств регулировки напряжения указанных трансформаторов.

	N_bd	Названия	ЕИ	+/-	Тип	Место	К...	V_нр	V_per	N_анц	Шаг
1	1	ТДЦ 125000/220	%	+	ПБВ	ВН		242,0	10,5	4	2,500
2	2	ТДЦ 80000/220	%	+	ПБВ	ВН		242,0	10,5	4	2,500
3	3	ТРДН 40000/220	%	-	РПН	Нейт.		230,0	11,0	12	1,000
4	4	ТРДЦН 160000/220	%	-	РПН	Нейт.		230,0	11,0	12	1,000

Рисунок 40 – Таблица с устройствами РПН и ПБВ трансформаторов заданной сети

Затем в файле режима были поставлены в соответствие ветви трансформаторов и устройства регулировки напряжения. В качестве примера проиллюстрированы ветви 5 и 6 (рисунок 41).

	O	S	Тип	N_нач	N_кон	N_п	I...	Название	R	X	B	Kт/г	N_анц	БД_анц
1	<input type="checkbox"/>		Тр-р	3	1			Шина 3 - Г1	1,40	51,50		0,043		
2	<input type="checkbox"/>		Тр-р	3	2			Шина 3 - Г2	1,40	51,50		0,043		
3	<input type="checkbox"/>		ЛЭП	3	4	1		Шина 3 - Шина 4	6,91	30,89	-190,4			
4	<input type="checkbox"/>		ЛЭП	3	4	2		Шина 3 - Шина 4	6,91	30,89	-190,4			
5	<input type="checkbox"/>		Тр-р	4	5			Шина 4 - Шина 5 (НГ5)	2,90	80,50		0,048	1	2
6	<input type="checkbox"/>		Тр-р	4	6			Шина 4 - Шина 6 (НГ5)	2,90	80,50		0,048	1	2

Рисунок 41 – Ветви 5 и 6 с указанными устройствами регулировки

Дальнейшие шаги включали в себя организацию взаимодействия проектируемой программы и RastrWin3.

Была подключена библиотека ASTRALib, которая содержит в себе объекты Rastr, Table, Cols, а также методы взаимодействия с параметрами

узлов и ветвей таблиц, доступных пользователю при стандартной работе с ПК RastrWin.

С помощью данных объектов и их методов были сделаны методы, упрощающие взаимодействие с таблицами, узлами и ветвями программы:

- Метод `double GetValue(string TableName, string ColumnName, int Index)`

Метод принимает в качестве исходных данных название таблицы, название столбца и индекс строки и возвращает значение, хранящееся в указанном поле.

Ссылка: 5

```
static double GetValue(string TableName, string ColumnName, int Index)
{
    ITable table = rastr.Tables.Item(TableName);
    ICol column = table.Cols.Item(ColumnName);
    var Item = column.get_Z(Index);
    return Item;
}
```

Рисунок 42 – Листинг метода GetValue

- Метод `double SetValue(string TableName, string ColumnName, int Index, double NewValue)`

Метод принимает в качестве исходных данных название таблицы, название столбца, индекс строки и записывает новое значение в указанное поле.

Ссылка: 2

```
static void SetValue(string TableName, string ColumnName,
    int Index, double NewValue)
{
    ITable table = rastr.Tables.Item(TableName);
    ICol column = table.Cols.Item(ColumnName);
    column.set_Z(Index, NewValue);
}
```

Рисунок 43 – Листинг метода SetValue

До выполнения главного метода программы, в ней инициализируется экземпляр класса Rastr, с помощью которого будет происходить загрузка новых файлов в рабочую область и расчёт режима в процессе выполнения программы. Из рисунка 44 видно, что в главном методе программы

указываются пути к файлу режима и файлу устройств регулирования напряжения трансформаторов, а затем с помощью метода Load объекта rastr данные файлы загружаются в рабочую область.

```
Ссылка: 0
class Program
{
    static IRastr rastr = new Rastr();

    Ссылка: 0
    static void Main(string[] args)
    {
        string path = @"D:\Users\dimas\Desktop\Коды\Rastr2\Rastr2\Exercise_2.rg2";
        string ancapf = @"D:\Users\dimas\Desktop\Коды\Rastr2\Rastr2\Exercise_2.anc";
        rastr.Load(RG_KOD.RG_ADD, path, @"D:\Users\dimas\Documents\RastrWin3\SHABLON\режим.rg2");
        rastr.Load(RG_KOD.RG_ADD, ancapf, @"D:\Users\dimas\Documents\RastrWin3\SHABLON\анцапфы.anc");

        int[] branches = { 4, 5, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 22, 23, 30, 31, 32, 33 };
    }
}
```

Рисунок 44 – Инициализация объекта класса Rastr и запуск файлов
с помощью метода Load

Основной метод программы включает в себя следующие компоненты:

- Загрузку файла режима и файла анцапф в рабочую область
- Последовательность индексов ветвей, содержащих обозначенные выше трансформаторы
- Цикл foreach, с помощью которого происходит подбор оптимального номера отпайки. В данном цикле заключён основной алгоритм программы, с помощью и происходит подбор отпаяк устройств регулирования напряжения и вывод сведений в консоль.

Работу алгоритма, заключённого в цикле foreach, пояснит диаграмма на рисунке 45.



Рисунок 45 – Блок-схема алгоритма подбора оптимальной отпайки

После прохождения цикла `for`, включающем в себя условную конструкцию, в переменных `diff`, `voltage`, `N` остаются значения, соответствующие наименьшей разнице между номинальным значением напряжения и отрегулированным. Эти значения и выводятся в консоль на выходе из данного цикла. Последним шагом каждой итерации цикла `foreach` является установка изначального значения номера отпайки в ветви трансформатора, чтобы изменения в номерах отпайек не повлияли на дальнейшие расчёты.

В результате, программа выводит в консоль следующий результат:

```

D:\Users\dima-\Desktop\Кодю\Rastr2\Rastr2\Rastr2\bin\Debug\Rastr2.exe
В узле 5,0000 напряжение 10,5049 на отпайке 3 с отклонением 0,0049
В узле 6,0000 напряжение 10,5048 на отпайке 3 с отклонением 0,0048
В узле 10,0000 напряжение 11,1612 на отпайке 1 с отклонением 0,1612
В узле 11,0000 напряжение 11,1655 на отпайке 1 с отклонением 0,1655
В узле 12,0000 напряжение 10,5922 на отпайке 3 с отклонением 0,0922
В узле 13,0000 напряжение 10,5921 на отпайке 3 с отклонением 0,0921
В узле 15,0000 напряжение 10,4356 на отпайке 3 с отклонением 0,0644
В узле 16,0000 напряжение 10,4355 на отпайке 3 с отклонением 0,0645
В узле 20,0000 напряжение 11,1295 на отпайке 1 с отклонением 0,1295
В узле 21,0000 напряжение 11,1329 на отпайке 1 с отклонением 0,1329
В узле 27,0000 напряжение 11,0066 на отпайке 8 с отклонением 0,0066
В узле 29,0000 напряжение 11,0067 на отпайке 8 с отклонением 0,0067
В узле 28,0000 напряжение 11,0067 на отпайке 8 с отклонением 0,0067
В узле 30,0000 напряжение 11,0067 на отпайке 8 с отклонением 0,0067
  
```

Рисунок 46 – Результат расчёта

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А6А	Заворотнему Дмитрию Руслановичу

Школа	ИШЭ	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и Электротехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклад руководителя - 34000 руб. Оклад инженера - 17000руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- 30% премии; - 20% надбавки; - 16% накладные расходы; - 30% районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Размер страховых взносов 30,2%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентоспособности технического решения. SWOT- анализ технического решения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование: - формирование структуры работ; - утверждение участников работ каждого типа; - определение продолжительности работ; - формирование графика проведения работ. Определение бюджета на разработку проекта: - материальные затраты; - амортизационные отчисления; - заработная плата исполнителей (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности проекта (оценка результатов)

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок
2. Матрица SWOT-анализа
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет затрат на проектирование

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Киселёва Е.С.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6А	Заворотний Дмитрий Русланович		

4. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является экономическое планирование в рамках разработки проекта «Релейная защита линии 220 кВ ПС «Тульская» – НГЭС Новосибирской энергосистемы».

Практическое достижение цели данной работы подразумевает постановку и выполнение следующих задач:

- 1) анализ конкурентоспособности микропроцессорного устройства релейной защиты ШЭ 2607 016, используемого в качестве основного устройства релейной защиты в данной работе (составление оценочной карты, SWOT-анализ);
- 2) планирование работ в рамках выполняемого проекта (определение структуры работ и участников работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения научно-технических исследований);
- 3) расчет бюджета проекта.

4.1 Анализ конкурентоспособности и ресурсоэффективности технического решения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсосбережения и ресурсоэффективности необходим для того, чтобы определить наиболее конкурентоспособный шкаф электрический для выполнения защиты линии 220 кВ. В ходе выполнения анализа будет определена сравнительная эффективность следующих конкурирующих решений: ШЭ 2607 016, ЭПЗ 1643, ПДЭ 2802.

Для оценки ресурсоэффективности будут определены наиболее подходящие технические и экономические критерии оценки объектов рассматриваемого типа, для наглядной иллюстрации и систематизации результатов анализа будет использована оценочная карта (таблица 1). Оценка

будет выполняться по 5-ти бальной шкале, где 5 – наиболее сильная, 1 – наиболее слабая позиция.

Анализ конкурентных позиций выполняем по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф ШЭ 2607 016	Б _{к1} ЭПЗ 1643	Б _{к2} ПДЭ 2802	К _ф ШЭ 2607 016	К _{к1} ЭПЗ 1643	К _{к2} ПДЭ 2802
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэкономичность	0,02	5	5	4	0,1	0,1	0,08
2. Функциональность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Помехоустойчивость	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
5. Возможность подключения к ЭВМ	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
7. Возможности пользовательского интерфейса	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
8. Удобство в эксплуатации	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
9. Простота эксплуатации	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
10. Уровень шума	0,02	4	4	4	0,08	0,08	0,08
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,12	3	4	3	0,42	0,56	0,42
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	4	4	0,48	0,48	0,48
3. Необходимость в переподготовке персонала	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
Итого	1	59	54	51	4,66	4,4	4,18

Анализ конкурентоспособности решений показал, что наиболее подходящим для выбора является шкаф ШЭ 2607 016. K_f превышает $K_{к1}$ на 4% и $K_{к2}$ на 10 %. Данный шкаф является наиболее эффективным по ряду

критериев: функциональность, надежность, простота в эксплуатации. Возможности пользовательского интерфейса, предоставляемые шкафом по сравнению с конкурирующими решениями, также положительно повлияют на общую надёжность защиты в процессе эксплуатации.

Коэффициент K является интегральным показателем ресурсоэффективности проекта, так как он учитывает различные факторы оценки проекта с соответствующими им весовыми коэффициентами. Наиболее подходящим решением оказался шкаф ШЭ 2607 016, имеющий наибольшее значение интегрального коэффициента, равное 4,66 единицы из 5. Это свидетельствует о том, что реализуемый проект наиболее полно удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям.

Таким образом, из анализа конкурентных технических решений заключаем, что установка шкафа ШЭ 2607 016 наиболее целесообразна.

4.2 SWOT – анализ

SWOT-анализ представляет собой метод комплексной оценки внутренней и внешней среды проекта. Данный тип анализа подразумевает разбор сильных сторон проекта и его слабых сторон, а также возможностей и угроз со стороны внешнего окружения.

В таблице 2 представлена единая итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 2 –Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Длительный срок эксплуатации</p> <p>С2. Малые габариты</p> <p>С3. Многофункциональность – МП блок предоставляет возможность реализации различных видов защит и автоматики</p> <p>С4. Чувствительность ко всем возможным повреждениям защищаемого и резервируемых объектов.</p> <p>С5. Возможность удалённого управления параметрами защит</p> <p>С6. Точность контроля параметров и удобство эксплуатации.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1.Высокая стоимость микропроцессорных устройств РЗА.</p> <p>Сл2.Необходимость в квалифицированном персонале для эксплуатации оборудования.</p> <p>Сл3. Трудоемкость установки оборудования.</p> <p>Сл4. Для функционирования измерительных трансформаторов необходимо обеспечение отдельных цепей постоянного тока.</p> <p>Сл5. Устаревшее программное обеспечение.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Снижение стоимости микропроцессорных устройств релейной защиты (МУРЗ) за счет удешевления технологии производства.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на МУРЗ (локальная модернизация энергосистемы).</p> <p>В3. Повышение стоимости зарубежных аналогов</p> <p>В4. Масштабная актуализация внедрения микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики (цифровизация электроэнергетики).</p> <p>В5. Улучшение условий экспорта.</p>	<p>Шкафы ШЭ 2607 016 полностью соответствуют предъявляемым функциональным техническим требованиям к МУРЗ. Кроме того, существует ряд показателей, по которым данное устройство превосходит конкурирующие. Более того, шкафы фирмы ЭКРА уже занимают отдельную нишу на отечественном рынке. Из вышеизложенного следует, что в случае повышения совокупного спроса на МУРЗ, спрос на ШЭ 2607 016 соответственно возрастет.</p>	<p>Высокая стоимость МУРЗ может быть значительно снижена в результате удешевления технологии производства микропроцессорных устройств, оптимизации существующих технологий.</p> <p>Появление дополнительного спроса на МУРЗ в результате модернизации ЭС изменит ситуацию на рынке труда. Потребуется значительное число квалифицированных специалистов, обученных работе с микропроцессорными устройствами, что приведет к соответствующему пересмотру образовательных программ по данному направлению в средних специальных и высших учебных заведениях.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление более совершенных технических решений на рынке</p> <p>У2. Недостаточное финансирование на внедрение новых технологий и оптимизацию существующих.</p> <p>У3. Переход на другие технологии реализации устройств релейной защиты, обусловленный объективными недостатками МУРЗ (разработка новейших электромеханических и полупроводниковых реле).</p>	<p>Сильные стороны ШЭ 2607 016 позволят данному устройству успешно конкурировать в условиях развитой конкуренции производителей устройств релейной защиты.</p> <p>Вероятность массового перехода на другие технологии устройств РЗА в ближайшем будущем крайне низка, что обеспечит высокий спрос данного типа устройств в дальнейшем.</p> <p>Производство печатных плат при наличии высокопроизводительного автоматического оборудования значительно снижает производственные затраты, что обуславливает высокие прибыли при реализации МУРЗ, следовательно, угроза недостаточного финансирования в настоящее время не является актуальной.</p>	<p>Наличие устаревшего программного обеспечения может привести к снижению спроса на ШЭ 2607 016.</p> <p>Высокая стоимость шкафа защиты, а также высокая ремонтная стоимость (невозможность ремонта отдельных модулей МУРЗ) может оказать негативное воздействие на спрос в дальнейшем, что говорит о необходимости совершенствования и поиска возможных путей оптимизации устройства.</p>

Отметим, что МУРЗ как класс устройств обладают рядом недостатков (высокая стоимость устройств релейной защиты, высокая ремонтная стоимость, относительно высокая повреждаемость устройств, избыточная функциональность). Тем не менее, технологии, на которых базируются МУРЗ, развиваются, и со временем относительная стоимость устройств будет падать.

Результат SWOT-анализа продемонстрировал сильные и слабые стороны выбранного устройства. Среди аналогов ШЭ 2607 016 обладает рядом преимуществ (функциональность, надежность, простота в эксплуатации), при этом слабые стороны рассматриваемого шкафа защиты характерны для всего класса микропроцессорных устройств защиты в настоящий момент, что подтверждает целесообразность использования данного устройства.

4.3 Планирование научно-технического исследования

Планирование разработки проекта – этап, необходимый для рациональной его организации. Планирование совокупности предполагаемых работ осуществляется в следующей последовательности:

- формирование структуры работ в рамках проекта;
- утверждение участников работ каждого типа;
- определение продолжительности предполагаемых работ;
- формирование графика проведения работ.

Для реализации проекта устанавливается группа исполнителей: руководитель проекта (Шестакова В.В.) и инженер (Заворотный Д.Р.). Каждому виду запланированных работ соотносится должность исполнителя.

В таблице 3 представлен перечень этапов, работ и распределение исполнителей в рамках выполнения проекта.

Таблица 3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Базисные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Формирование технического задания и его утверждение	Руководитель
Обозначение направления исследований	2	Обсуждение основных положений исследования	Руководитель, Инженер
	3	Подбор материалов по тематике исследования	Инженер
	4	Календарное планирование предполагаемых работ	Руководитель
Проведение теоретических исследований и инженерных расчетов	5	Анализ данных утвержденного энергорайона	Инженер
	6	Предварительный выбор устройств релейной защиты	
	7	Расчет параметров срабатывания (уставок) релейных защит	
Обобщение результатов и оценка	8	Сравнение значений коэффициентов чувствительности в режиме ближнего и дальнего резервирования с рекомендуемыми для каждого рассчитываемого типа защит	Инженер
Координация и контроль НТИ	9	Консультирование исполнителя по отдельным вопросам, проверка завершенной работы	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Построение принципиальной схемы	Инженер
Оформление комплекта документации по НТИ	11	Оформление пояснительной записки по НТИ в соответствии с СТО ТПУ	Инженер

4.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости работ каждого из участников проекта представляется целесообразным по причине того, что трудовые затраты в большинстве случаев составляют значительную часть стоимости разработки проекта.

Оценка вероятностного показателя трудоемкости производится экспертным путем в человеко-днях. В связи с тем, что трудоемкость выполнения работ зависит от ряда трудно учитываемых факторов, данный показатель носит вероятностный характер.

Определение ожидаемого или среднего значения трудоемкости производится по формуле, приведенной ниже:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}i}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Показатель ожидаемой трудоемкости выполнения работы позволяет определить продолжительность данной работы в рабочих днях (T_p):

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} — продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.5 Разработка графика проведения научного исследования

В связи с тем, что тема проекта имеет сравнительно небольшой объем, наиболее удобным и при этом наглядным способом иллюстрации графика работ представляется диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме исследования представляются протяженными во времени отрезками, ограниченными датами начала и окончания выполнения работ.

Для получения наглядного графика, длительность этапов работ переводим из рабочих дней в календарные дни в соответствии с формулой, представленной ниже:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Для определения коэффициента календарности используем следующую формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ –количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округляем до целого числа.

Принцип выполнения расчета проиллюстрируем на примере. Рассмотрим работу «Расчет параметров срабатывания релейных защит» для инженера и работу «Проверка завершенной работы» для руководителя.

1) Для руководителя:

а) ожидаемая трудоемкость выполнения работы:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел. - дн.};$$

б) продолжительность работы:

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\psi} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ дня};$$

в) коэффициент календарности (6-ти дневная рабочая неделя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22;$$

г) продолжительность работы в календарных днях:

$$T_{\kappa} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 \approx 4 \text{ дня.}$$

2) Для инженера:

а) ожидаемая трудоемкость выполнения работы:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 20}{5} = 14 \text{ чел. - дн.};$$

б) продолжительность работы:

$$T_p = \frac{t_{\text{ож}}}{\text{Ч}} = \frac{14}{1} = 14 \text{ дней};$$

в) коэффициент календарности (5-ти дневная рабочая неделя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48;$$

г) продолжительность работы в календарных днях:

$$T_{\text{к}} = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 14 \cdot 1,48 \approx 21 \text{ день}.$$

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Временные показатели выполнения проекта

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, Т _{рi}		Длительность работ в календарных днях, Т _{кi}	
	t_{\min} , человеко- дни		t_{\max} , человеко- дни		$t_{\text{ожi}}$, человеко- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Формирование технического задания и его утверждение	1	-	2	-	1,4	0	1,4	0	3	0
Обсуждение основных разделов ВКР	1	1	2	2	1,4	1,4	1,4	1,4	3	3
Календарное планирование исследования	1	-	2	-	1,4	0	1,4	0	3	0
Подбор и анализ материалов по теме проекта	-	4	-	6	0	4,8	0	4,8	0	8

Анализ данных утвержденного энергорайона	-	4	-	6	0	4,8	0	4,8	0	8
Предварительный выбор релейных защит	-	2	-	4	0	2,8	0	2,8	0	5
Расчет параметров срабатывания релейных защит	-	10	-	20	0	14	0	14	0	21
Сравнение коэффициентов чувствительности РЗ, поиск дополнительных решений при необходимости	-	1	-	14	0	6,2	0	6,4	0	10
Проверка завершенной работы, выдача рекомендаций	2	-	4	-	2,8	0	2,8	0	5	0
Построение принципиальной схемы	-	4	-	10	0	6,4	0	6,4	0	10
Оформление пояснительной записки ВКР по СТО ТПУ	-	6	-	10	0	7,6	0	7,6	0	12
Итого	5	32	10	72	7	48	7	48	14	77

На основании результатов расчетов в таблице 4.4 выполняем построение диаграммы Ганта (рисунок 4.1).

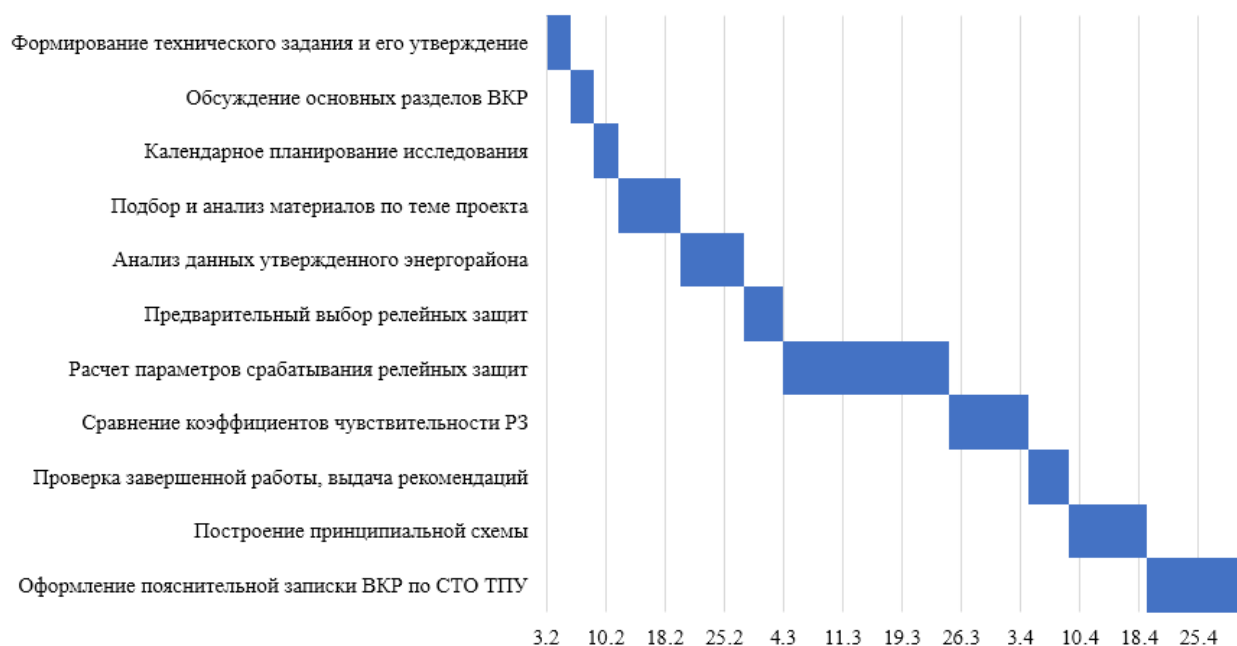


Рисунок 47 –Диаграмма Ганта

В ходе данного этапа работы были определены длительности и обозначены сроки выполнения всех запланированных видов работ. Был построен график Ганта, наглядно иллюстрирующий этапы выполнения проекта участниками. Итоговая длительность выполнения проекта в календарных днях составила 91 день: 14 дней – длительность работ, выполняемых научным работником; 77 дней – длительность работ, выполняемых инженером.

4.6 Определение бюджета проекта

В процессе планирования бюджета проекта необходимо обеспечить полное и точное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Ниже представлена группировка затрат по статьям расходов, используемая при формировании бюджета проекта:

- материальные затраты проекта;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата участников;
- дополнительная заработная плата участников;
- страховые отчисления;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат на разработку проекта

Стоимость материалов, используемых при разработке данного проекта, приведена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – материальные затраты на разработку проекта

Наименование	Цена, руб. (за шт.)	Кол-во	Общая стоимость, руб.
Ручка шариковая "BPS-GP-F", 0.7мм, Pilot	61	2	122
Карандаш механический MEGAPOLIS CONCEPT, 0,5мм, Erich Krause	52	1	52
Грифели 0,5мм Н, КОН-I-NOOR	28	1	28
Ластик Elephant 300/30, КОН-I-NOOR	18	1	18
Линейка 30 см Cristal	15	1	15
Папка-скоросшиватель А4 с	10	4	40
Итого	275		

Исходя из данных, представленных в таблице 4.5, материальные затраты на выполнение проекта составили 275 рублей.

Амортизационные отчисления

Расчет затрат на оборудование и программные комплексы учитываем в виде амортизационных отчислений, так как данное оборудование и программы предоставляются высшим учебным заведением. Проектирование осуществлялось на моноблоке MSI Pro 20ET 7M-023RU.

Таблица 6– Затраты на оборудование и программные комплексы и амортизационные отчисления

№ п/п	Наименование оборудования	Кол- во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Амортизация, руб.
1	Лицензия на программный комплекс АРМ СРЗА	1	680000	13041,1
2	Персональный компьютер	1	41140	1577,97
Итого (З _{мат})				14619,07

Продemonстрируем расчет показателей амортизации, результаты расчетов зафиксируем в таблице 6:

$$A_{\text{АРМ СРЗА}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней использования}}}{\text{срок службы} \cdot 365} = \frac{680000 \cdot 35}{5 \cdot 365} = 13041,1 \text{ руб.};$$

$$A_{\text{ПК}} = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{дней использования}}}{\text{срок службы} \cdot 365} = \frac{41140 \cdot 70}{5 \cdot 365} = 1577,97 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата исполнителей темы

В ходе выполнения данного этапа расчета рассчитывается основная заработная плата участников проекта: научный руководитель и инженер. Величину расходов по заработной плате определяют трудоемкость выполняемых работ и действующая система окладов и тарифных ставок.

Заработная плата работников представляет собой сумму двух составляющих: основная и дополнительная заработная плата. Основная заработная плата включает в себя премии, выплачиваемые из ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30% от оклада, а также доплаты и надбавки. Дополнительная заработная плата составляет 12-20% от основной.

Формула расчета заработной платы представлена ниже:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (4.6)$$

где $З_{\text{зп}}$ – заработная плата;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Расчет основной заработной платы выполняем по формуле, представленной ниже:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

Расчет среднедневной заработной платы выполняем по формуле:

$$Z_{\text{дн.}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн (таблица 7).

Таблица 7– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные и праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 10	24 10
Действительный годовой фонд рабочего времени	241	213

Зарплата работника за месяц рассчитывается по формуле, представленной ниже:

$$Z_m = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.9)$$

где $Z_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{ТС}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок (принимается равным 0,2);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

1) Рассчитаем заработную плату каждого из работников:

а) расчет заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{м}} = 34000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 66300 \text{ руб.};$$

б) расчет заработной платы инженера:

$$Z_{\text{м}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

2) Рассчитаем среднедневную заработную плату работников:

а) среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{дн. руководителя}} = \frac{66300 \cdot 10,4}{241} = 2861,08 \text{ руб.};$$

б) среднедневная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{дн. инженера}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}$$

3) Рассчитаем основную заработную плату работников:

а) основная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = 1430,54 \cdot 7 = 20027,56 \text{ руб.};$$

б) основная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{осн}} = 1743,1 \cdot 46 = 80182,6 \text{ руб.}$$

Обобщенный результат расчетов представлен в таблице 8.

Таблица 8–Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{ТС}},$ руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}},$ руб.	$Z_{\text{дн}},$ руб.	$T_{\text{р}},$ раб. дн.	$Z_{\text{осн}},$ руб.
Руководитель	34000	0,3	0,2	1,3	66300	2861,08	7	20027,56
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	46	80182,6
Затраты по основной заработной плате, руб.	100210,16							

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты на дополнительную заработную плату исполнителей проекта учитывают величину доплат за отклонение от нормальных условий труда,

предусмотренных трудовым кодексом Российской Федерации, а также выплат, связанных с обеспечением компенсаций и гарантий.

Расчет дополнительной заработной платы выполняем по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп.}} = k_{\text{доп.}} \cdot Z_{\text{осн.}}, \quad (4.10)$$

где $k_{\text{доп.}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принимается равным 0,15).

Выполним расчет дополнительной заработной платы:

а) дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{доп. руковод.}} = k_{\text{доп.}} \cdot Z_{\text{осн.}} = 0,15 \cdot 20027,56 = 3004,14 \text{ руб.}$$

б) дополнительная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{доп. инженера}} = k_{\text{доп.}} \cdot Z_{\text{осн.}} = 0,15 \cdot 80182,6 = 12027,39 \text{ руб.}$$

в) затраты по дополнительной заработной плате:

$$Z_{\text{доп.}} = Z_{\text{доп. руковод.}} + Z_{\text{доп. инженера}} = 3004,14 + 12027,39 = 15031,53 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья расходов отражает обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ), медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на уплату труда работников.

Ставка отчислений во внебюджетные фонды для учреждений, осуществляющих научную и образовательную деятельность, на 2018 год составляет 30%.

Величину отчислений во внебюджетные фонды определяем по следующей формуле:

$$Z_{\text{внеб.}} = k_{\text{внеб.}} \cdot (Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{доп.}}), \quad (4.11)$$

где $k_{\text{внеб.}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Выполним расчет отчислений во внебюджетные фонды:

а) отчисления во внебюджетные фонды для руководителя:

$$З_{внеб.руковод.} = 0,302 \cdot (20027,56 + 3004,14) = 6955,57 \text{ руб.};$$

б) отчисления во внебюджетные фонды для инженера:

$$З_{внеб.инженера} = 0,302 \cdot (80182,6 + 12027,39) = 27847,42 \text{ руб.}$$

Накладные расходы

Статья накладных расходов вводится для учета затрат организации, не попавших в предыдущие статьи расходов: ксерокопирование и печать материалов проекта, оплата услуг связи, электроэнергии, телеграфные и почтовые расходы, размножение материалов. Величину накладных расходов определяем по следующей формуле:

$$З_{накл} = (З_{аморт} + З_{мат} + З_{з/п\text{ руковод.}} + З_{з/п\text{ инженера}}) \cdot k_{нр}, \quad (4.12)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (принимается равным 0,16)

Пример расчета накладных расходов:

$$З_{накл} = (14619,07 + 275 + 29941,22 + 119872,99) \cdot 0,16;$$

$$З_{накл} = 164708,28 \cdot 0,16 = 26353,33 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат разрабатываемого проекта является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при составлении договора с заказчиком принимается в качестве нижнего предела затрат на разработку.

В таблице 10 проиллюстрировано определение бюджета затрат на разработку проекта.

Таблица 9–Бюджет затрат на проектирование

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Амортизация оборудования и программных комплексов	14619,07	7,63
2. Материальные затраты	275	0,14
3. Затраты по основной заработной плате	100210,16	52,3

4. Затраты по дополнительной заработной плате	15031,53	7,85
5. Отчисления во внебюджетные фонды	34802,99	18,04
6. Накладные расходы	26353,33	13,75
Бюджет затрат проекта	191292,08	100

В соответствии с результатами расчета бюджета затрат на разработку проекта, сумма, необходимая на его реализацию составила 191292,08 рублей. Основные расходы пришлось на статью затрат по заработной плате сотрудников – 60,24 % от общего бюджета затрат проекта.

Выводы по главе

«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Из анализа конкурентоспособности МУРЗ ШЭ 2607 016 при помощи механизма оценочной карты следует, что данное устройство представляется наиболее эффективным среди аналогичных устройств с позиции экономики. Показатель конкурентоспособности выбранного устройства превышает показатели рассмотренных конкурирующих устройств (ПДЭ 2802 и ЭПЗ 1643) на 4 и 10 % соответственно. Среди аналогов ШЭ 2607 016 обладает рядом примечательных преимуществ (более богатый функционал, надежность, простота в эксплуатации), слабые же стороны рассматриваемого шкафа защиты характерны для всего класса микропроцессорных устройств защиты в настоящий момент.

Планирование работ в рамках разрабатываемого проекта было выполнено в полной мере. Итоговая длительность выполнения проекта составила 91 календарный день: 14 дней – длительность работ, выполняемых руководителем проекта; 77 дней – длительность работ, выполняемых инженером.

Был выполнен расчет бюджета проекта. Сумма, необходимая на осуществление проекта, составила 191292,08 рублей. Основные расходы соответствуют затратам по заработной плате сотрудников – 60,24 % от общего бюджета затрат.

В ходе выполнения проекта был выполнен выбор и расчет уставок защит ЛЭП 220 кВ. Выбор аппаратной части был выполнен на основе микропроцессорных защит. Данное решение позволило значительно снизить затраты на техническое обслуживание, повысить точность и стабильность работы.

В качестве основной защиты была использована дистанционная защита (ДЗ), в качестве резервной защиты была принята трехступенчатая токовая защита (СТЗ). Для защиты от коротких замыканий на землю была установлена токовая ступенчатая защита нулевой последовательности (ТЗНП). Данные виды защит входят в состав комплекта ШЭ 2607 016.

Каждая из рассчитанных защит (ДЗ, ТЗНП, СТЗ) обеспечивает функции ближнего и дальнего резервирования в соответствии с предъявляемыми требованиями руководящих указаний, что является показателем эффективности их функционирования при защите выбранной ЛЭП.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5А6А	Заворотнему Дмитрию Руслановичу

Школа	ИШЭ	Отделение	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема ВКР:

Проектирование релейной защиты линии электропередачи 220 кВ ПС «Тулинская» - НГЭС Новосибирской энергосистемы

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Рабочей зоной является помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Объектом исследования является релейная защита линии электропередачи.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	– Специальные правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия по компоновке рабочего места: конструкция стола и стула (кресла), расположение экрана, размер помещения.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ потенциальных вредных и опасных факторов рабочего пространства работника; 2.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.	Анализ выявленных вредных факторов и опасных факторов: – Повышенный уровень шума; – Повышенный уровень электромагнитных излучений; – Недостаточная освещённость рабочей зоны; – Отклонение параметров микроклимата; – Повышенное значение напряжения в электрической цепи.
3. Экологическая безопасность:	– Отходы, образующиеся при выводе устройств релейной защиты, и их воздействие на человека.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные чрезвычайные ситуации: – Пожар в помещении

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А6А	Заворотний Дмитрий Русланович		

5. Социальная ответственность

Введение

Данный раздел рассматривает вопросы соблюдения прав персонала при трудовой деятельности, выполнения требований к безопасности труда, а также к промышленной безопасности и охране окружающей среды.

Тема выпускной квалификационной работы «Проектирование релейной защиты линии электропередачи 220 кВ ПС «Тульская» – НГЭС Новосибирской энергосистемы».

Суть проекта заключается в теоретической разработке комплекса устройств релейной защиты указанной электропередачи для обеспечения надёжного и бесперебойного питания потребителей указанной энергетической системы, а также для обеспечения устойчивого функционирования данной энергосистемы.

В данной работе будут рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, воздействующие на инженера-проектировщика на его рабочем месте, где с применением ПК и производится расчёт параметров защит, а также будет рассмотрена экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Целями выполнения настоящего раздела являются разработка и принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи, снижающих вредное воздействие окружающей среды на здоровье на работника во время его трудового процесса.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Проектирования комплекса защит проводится в офисном помещении с использованием персонального компьютера. Это значит, что работа в таких условиях регламентируется следующими нормативными актами:

- 1) Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.20)
- 2) СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
- 3) ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 4) ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина».
- 5) ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде
- 6) ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT)

5.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны персонала релейной защиты) правовые нормы трудового законодательства.

Права и обязанности работодателей и работников в области охраны труда, порядок регулирования их взаимоотношений, заключения коллективных и трудовых договоров, расследования несчастных случаев на производстве и др. установлены в Трудовом кодексе РФ (ТК РФ).

Правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия, которые включает в себя система охраны труда представлены в разделе 10 (ТК РФ) «Охрана труда». Также принципы формирования нормативной базы определяет Федеральный закон «О техническом регулировании».

Согласно [11] работодатель обязан обеспечить соблюдение безопасности работников в процессе их трудовой деятельности и права работников на рабочие места, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда.

Согласно [12] каждый работник предприятия подлежит обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Согласно [14], к работе с устройствами РЗА должны допускаться лица с профессиональным образованием. Лица, не имеющие соответствующего профессионального образования или опыта работы, как вновь принятые, так и переводимые на новую должность должны пройти обучение по действующей в отрасли форме обучения.

Вопросы производственной санитарии для персонала релейной защиты рассматриваются в документах: СанПиН 2.2.4.548-96 [16], СНиП 41-01-2003 [18] СанПиН 2.2.4.3359–16 [17].

Требования техники безопасности изложены в (ПОТЭУ) [14], Требованиях электробезопасности регламентированы Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), Инструкцией по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках [15]

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны персонала РЗА.

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [19] в положении стоя - ГОСТ 12.2.033-78 [20].

Конструкция рабочего стола призвана обеспечивать наиболее оптимальное расположение используемого оборудования в рабочей зоне, учитывая количество используемых объектов, их конструктивные особенности, а также сам характер выполняемой работы. [21]

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание удобной рабочей позы при работе с ПК, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейного и плечевого отделов и спины для предупреждения утомления.

Стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья и спинки стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, легко поддаваемым чистке.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

На рабочем месте должны быть обеспечены нормы микроклимата помещений, а размер самого помещения при работе с ПЭВМ должен быть не менее 6 м².

Работники подлежат обязательному социальному страхованию. Оно регламентируется Федеральным законом "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний". Работодатели обязуются обеспечить своим подчиненным социальное страхование от возможных производственных несчастных случаев.

Страхование может применяться при получении профессиональных заболеваний в тех случаях, когда это оговорено в трудовом договоре.

Работники всех категорий подлежат обязательному социальному страхованию (ОСС) вне зависимости от их желания за счёт средств работодателя. Каждый из видов ОСС имеет четко установленные ставки, преимущественно зависящие от принятой в компании-работодателе системы налогообложения.

Работники обеспечиваются социальным страхованием в следующих случаях:

- при необходимости получения медицинской помощи;
- при возникновении нетрудоспособности;
- при рождении ребенка и уходе за ним в раннем возрасте;
- при получении травм и увечий при исполнении профессиональных обязанностей.

5.2. Производственная безопасность.

В данном пункте приведён анализ опасных и вредных факторов, возникающих на месте разработки проекта.

К вредным факторам относят те факторы, которые влекут за собой последующее заболевание работника. Опасные факторы – те факторы, которые могут повлечь за собой травмирование работника

Вредные и опасные факторы, характерные для офисной рабочей среды, приведены в таблице 1. Потенциальные факторы выделялись исходя из классификации [23].

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при разработке проекта

Источник	Фактор		Нормативные документы
	Вредный	Опасный	
Электрические приборы, электропроводка		Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека	1. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. 2. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

Продолжение таблицы 5.1

ПЭВМ	Повышенный уровень шума		3. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. 4. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
	Повышенный уровень электромагнитных излучений		5. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»
Комбинированное освещение офисных помещений	Недостаточная освещённость рабочего пространства		6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. 7. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Система отопления и система вентиляции воздуха	Отклонения параметров микроклимата		8. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. 9. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

5.2.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов, возникающих при эксплуатации устройств релейной защиты.

Анализ опасности поражения электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества оборудования, использующего однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Исследуемое офисное помещение

относится к помещениям без повышенной опасности по опасности поражения электрическим током [24].

Электрический ток оказывает на человека сложное воздействие, которое разделить на следующие компоненты:

- Термическое – ток может приводить к поверхностным и внутренним термическим поражениям, повреждая ткани и органы
- Механическое – ток, вызывая непроизвольные сокращения мышц, может приводить к вывихам, переломам, а также к разрывам кровеносных сосудов
- Электролитическое – благодаря прохождению тока происходит электролиз органической жидкости в теле человека, что нарушает её состав
- Биологическое – ток раздражает ткани организма, а также нарушает проходящие в нём биоэлектрические процессы, тесно связанные с его жизненными функциями

Анализ повышение уровня шума

Шум создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Повышение уровня шума до 70 дБ приводит к таким последствиям, как головная боль, сонливость, бессонница, ухудшение кратковременной памяти.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ПЭВМ. Производимый ими шум находится в пределах от 20 до 30 дБА, и не превышает допустимое значение: согласно ГОСТ 12.1.003-2014 [26] уровень звука на рабочем месте не должен превышать 65 дБА.

Таблица 2 – Допустимые уровни шума

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Воздействие магнитного поля на человека может оказать на него негативное влияние. Наибольшей нагрузке при таком воздействии подвергается нервная система. Они также способны влиять на циркадные ритмы организма, ответственные за биологический режим сна и бодрствования. Это может привести к усугублению проблем со здоровьем.

Согласно [23], предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля при воздействии более часа за смену определяется формулой:

$$E_{\text{пду}} = \frac{60}{\sqrt{t}},$$

где t- время воздействия (час).

Таким образом при восьмичасовом рабочем дне $E_{\text{пду}} = 21,21$ кВ/м. Максимально допустимое время воздействия электростатического поля без средств защиты, в диапазоне напряжённостей 20-60 кВ/м определяется по формуле

$$t_{\text{доп}} = (60/E_{\text{факт}})^2,$$

где $E_{\text{факт}}$ - измеренное значение напряженности ЭСП (кВ/м).

Недостаточная освещённость рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную; работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию

близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию и сонливость. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождаются снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

Для офисных помещений предусмотрено совместное использование естественного и искусственного типов освещения.

В качестве искусственного источника освещения помещений используются люминесцентные или же светодиодные лампы. Они превосходят обычные лампы накаливания по ряду параметров: по спектральному составу излучаемого света они ближе к дневному; обладают более высокими КПД, светоотдачей, а также имеют более длительный срок службы.

Согласно ГОСТ Р 55710-2013 [27] нормы освещенности $E_{\text{экс}}$ и равномерности освещенности U_0 в зоне зрительной работы независимо от плоскости нормирования (горизонтальной, вертикальной или наклонной), коэффициента пульсации освещенности, объединенного показателя дискомфорта UGR и общего индекса цветопередачи R_a ИС для различных помещений и вида зрительной работы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормы освещенности и равномерности освещенности в зоне зрительной работы электротехнической промышленности

Наименование зрительной работы и вида деятельности	$E_{\text{экс}}$, лк	U_0 не менее	UGR не менее	R_a не менее	Кп, % не более
Средней точности	500	0,6	22	80	15

Газоразрядные лампы имеют почти безынерционно излучение, что приводит к появлению пульсации светового потока с частотой, равной частоте промышленного тока. СНиП 23-05-95 [29] допускает пульсацию не более 10 – 20%, в зависимости от разряда работы и типа освещения.

Анализ отклонения параметров микроклимата

Микроклимат, в котором находится работник во время исполнения своих обязанностей, оказывает длительное систематическое воздействие на его организм. Благоприятный микроклимат обеспечивает нормальное функционирование организма без необходимости в дополнительных реакциях терморегуляции. Обеспечиваемый микроклиматом комфорт создаёт предпосылки для стабильно высокого уровня работоспособности человека.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины. [28]

Допустимые величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений релейной защиты подстанции. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 - Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура, град. С°	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура поверхностей, t С°
Холодное	21-23	60-40	< 0,1	20-24
Теплое	22-24	60-40	< 0,1	21-25

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров на рабочем месте используются системы вентиляции и отопления.

Для обеспечения достаточного, постоянного и равномерного нагревания воздуха в помещении в холодный период года, а также пожаробезопасности используется система отопления. При расчетах системы

отопления её проверяют на возможность возмещения потерь теплоты через ограждающие конструкции здания и на нагрев проникающего в помещение холодного воздуха.

В помещении используется водяная система отопления. Достоинством данной системы отопления является то, что она гигиенична, надежна в эксплуатации, и обеспечивает возможность регулирования температуры в широких пределах. Однако, одним из её недостатков является тот факт, что она уменьшает влажность воздуха в помещении.

Анализ монотонности труда и эмоциональной перегрузки

В процессе деятельности помимо состояния утомления возникает состояние монотонности, отрицательно действующее на работоспособность человека. Состояние монотонности отрицательно действует на организм работающих, приводя к преждевременному утомлению.

Эмоциональное напряжение может по-разному влиять на поведение человека. В соответствии с преобладанием у человека процесса возбуждения или торможения состояние эмоционального напряжения может являться причиной неправильных действий и ухудшения производственной обстановки. [30]

5.2.2. Обоснование мероприятий по защите персонала от действия опасных и вредных факторов.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Оценивая наличие таких опасных факторов, как влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования, можно утверждать, что данное помещение относится к категории помещений без повышенной опасности. [23]

Во время нормального режима работы оборудования опасность поражения электрическим током практически отсутствует, однако

существуют аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [23]:

- изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Повышенный уровень шума

Для обеспечения снижения уровней шума на рабочем месте, вызванных как внутренними, так и внешними источниками, пользуются следующими мерами:

- уменьшение шума в источнике;
- рациональное планирование помещения;
- звукоизоляция и звукопоглощение;

Источник шумового загрязнения в данном случае играет существенную роль, так как правильно подобранные меры по предотвращению данного вида загрязнения позволят не только устранить проблему единоразово, но и облегчат её решение при систематическом возникновении. Например, повышенный уровень шумов может возникать в результате загрязнения систем охлаждения оборудования – ПЭВМ, серверов и прочих компьютерных систем. В таком случае, наиболее эффективным решением будет организация профилактических мероприятий по техническому обслуживанию данного оборудования, в частности, данных систем охлаждения.

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Величина воздействия магнитного поля на тело человека в офисных помещениях редко выходит за границы, которые могут серьезно навредить здоровью человека. Однако даже незначительные негативные эффекты имеют свойство накапливаться. Результатами многолетней работы за ПЭВМ может быть нарушение нормальной работы нервной системы. Поэтому при работе за ПЭВМ рекомендуется делать 5 минутные перерывы после каждого часа работы и 15 минутные перерывы после каждого второго часа работы с проветриванием помещения.

Также видеомонитор ПЭВМ имеет излучение синего света. Данное излучение способно вызывать фотохимическую деформацию структуры сетчатки глаза. Для того что бы снизить влияние данного фактора следует использовать в работе видеомониторы с фильтром синего света или использовать специализированные очки с тем же фильтром. Если применение данных методов невозможно по какой-либо причине, возможно использование программных средств, влияющих на спектр излучаемого света видеомонитором ПЭВМ.

Мероприятия по защите персонала от недостаточной освещенность рабочих мест и зон

Согласно СНиП 23-05-95 [29], освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения на рабочем месте или зоне. Мероприятия по обеспечению нормируемых уровней освещенности в установках внутреннего освещения в большинстве случаев сводятся к: [27]

- установке дополнительного количества светильников;
- установке дополнительного светильника для местного освещения рабочей поверхности;
- использования маломощных и более эффективных светодиодных ламп.
- использование ламп с высоким качеством цветопередачи

- использованию источников освещения, имеющих примерно одну и ту же цветовую температуру.

Наиболее современными на данный момент являются светодиодные лампы, которые обладают рядом достоинств по сравнению с их аналогами. Они обеспечивают возможность регулирования цветовой температуры, обладают различными формами и размерами, имеют низкое энергопотребление и высокую эксплуатационную долговечность. Также отдельным преимуществом можно вынести отсутствие мерцания у данного типа ламп, так как оно крайне негативно сказывается на здоровье глаз.

Отклонение параметров микроклимата

Для обеспечения норм микроклиматических параметров и очистки воздуха в помещении офиса применяют систему естественной вентиляции, но для обеспечения наиболее комфортных условий работы в весенне-летнее время года этого недостаточно. Поэтому предлагается установка вентиляторов или системы кондиционирования.

Система кондиционирования воздуха предназначена для поддержания постоянной влажности и температуры, а также очистки воздуха от загрязнений и вредных веществ.

Вредным веществом, содержащимся в воздухе, является углекислый газ (CO_2). Предельная норма содержания CO_2 в воздухе, согласно [16] составляют 20 мг/м^3 . Проблему уменьшения содержания CO_2 в воздухе также можно решить с помощью системы кондиционирования.

В холодное время года предполагается наличие централизованной системы отопления, однако, в случае несоответствия температурных показателей нормам, рекомендуется пользоваться дополнительными масляными обогревателями, отвечающими требованиям пожаробезопасности.

Мероприятия по защите персонала от монотонности труда и эмоциональной перегрузки

Основные меры по уменьшению влияния монотонности и эмоциональной напряженности на человека:

- Осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;
- Применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы;
- Делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела.

5.3. Экологическая безопасность.

Конструктивные технические решения при проектировании и реконструкции ПС должны соответствовать действующим нормативам окружающей среды и соответствовать СТО 56947007-29.240.037-2010[21], СТО 56947007-29.240.040-2010[32] и СТО 56947007-29.240.038-2010 [33].

В соответствии с [35] количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, образование и размещение отходов не должно превышать предельно допустимых значений.

Современная вычислительная техника содержит в себе компоненты, в которые входят различные токсичные вещества, представляющие угрозу как для человека, так и для окружающей среды. В частности, наиболее опасными веществами являются: свинец, ртуть, никель, а также различные щёлочи. Эти вещества поражают нервную систему человека, а также вызывают химические слезистых оболочек и кожных покровов. Поэтому микропроцессорная техника, на основе которой выполнена защита, требует специальных мер по утилизации. В данный комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- отправка металлических компонентов на переплавку;
- переработка пластиковых и других неметаллических компонентов прибора.

В настоящее время ведется создание и внедрение безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайной ситуацией является ситуация, сложившаяся на определённой территории в результате техногенной аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, и которая

может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенную инфекционную болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация [31].

Наиболее распространённой причиной чрезвычайных ситуаций в офисных помещениях являются пожары. Причины могут быть различными: короткие замыкания из-за перегрузки элементов, искрение проводки, пренебрежение мерами техники безопасности, использование неисправных электроприборов и т.д. Дополнительная пожарная опасность возникает при профилактических и ремонтных работах электронной техники, использованием различных смазочных веществ и легковоспламеняющихся жидкостей, необходимых для пайки и чистки. Все это требует принятия мер обеспечения пожарной безопасности.

Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности в офисных помещениях:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации;

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем оповещения, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на достигаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Помещение компьютерного класса по взрывопожарной безопасности, в соответствии с [32], относится к категории В. Класс пожароопасности по [36]: степень защиты электрооборудования - стационарные IP44, передвижной IP54, светильник IPO.

Для профилактики пожаробезопасности должны быть произведены следующие мероприятия:

- хранение информации производить в обособленных помещениях, оборудованных негорючими шкафами и стеллажами;
- система вентиляции должна быть оборудована устройством, обеспечивающим автоматическое отключение при пожаре;
- подачу воздуха к ПЭВМ, для охлаждения, необходимо предусматривать по самостоятельному воздуховоду;
- система электропитания ПЭВМ должна иметь блокировку, обеспечивающую отключение в случае перегрева;
- работы по ремонту узлов ПЭВМ должны производиться в отдельных помещениях;
- необходимо производить очистку от пыли всех аппаратов и узлов ПЭВМ (желательно раз в месяц);

Вывод по разделу

«Социальная ответственность»

В результате выполнения раздела социальная ответственность были выполнены следующие пункты:

1) рассмотрены правовые нормы работы в офисных помещениях, и организационные мероприятия по обеспечению наиболее эргономичной организации рабочего места проектировщика. Отдельно был рассмотрен вопрос социального страхования работников

2) произведен анализ вредных и опасных производственных факторов, которые могут воздействовать на инженера на его рабочем месте;

3) приведены обоснование мер по снижению воздействия вредных факторов на инженера;

4) определен вред, наносимый в долгосрочной перспективе человеку и окружающей среде, в результате нерациональной утилизации микропроцессорных устройств защиты;

5) выделена наиболее часто встречающаяся чрезвычайная ситуация, характерная для офисных помещений – пожары вследствие неисправностей электропроводки и электроприборов, описаны меры по её профилактике и предотвращению

Заключение

В результате выполнения дипломного проектирования релейной защиты линии электропередачи 220 кВ подстанция Тулинская – НГЭС были определены основные и резервные защиты. В качестве основных защит были приняты ступенчатая дистанционная защита и ступенчатая токовая направленная защита нулевой последовательности, в качестве резервной защиты принята токовая ступенчатая направленная защита.

Также был произведен выбор устройств релейной защиты, в результате было принято микропроцессорное устройство релейной защиты фирмы НПП «ЭКРА» – шкаф защиты линии и автоматики управления выключателем ШЭ2607 016.

Представленные защиты входят в состав ШЭ 2607 016. Установленные типы релейной защиты удовлетворяют требованиям, предъявляемым в ПУЭ, а именно: селективность, быстродействие, чувствительность, надёжность.

В ходе расчета была использована реальная база Новосибирской электроэнергетической системы, по данным которой были определены параметры защищаемой линии и определены объекты первой и второй периферии рассматриваемых защит.

Для Дистанционной защиты линии определены уставки для трех ступеней и выдержки времени. Для ступенчатой токовой направленной защиты нулевой последовательности определены уставки четырех ступеней и выдержки времени. Для токовой ступенчатой направленной защиты определены уставки трех ступеней и их выдержки времени.

Проведенный расчет выполнен для комплекта устройств защиты, установленного на ПС «Тулинская» .

Спроектированные защиты отвечают всем требованиям, обеспечивающих надежность энергосистемы.

Проверена чувствительность всех ступеней защит. Третьи ступени ДЗ и ТСНЗ резервируют объекты дальней периферии.

На языке С# был разработан проект по взаимодействию с RastrWin3 по подбору оптимального положения отпаяк у трансформаторов с устройствами регулирования напряжения для заданной тестовой сети. В отчёте был отражён принцип работы спроектированной программы, а также результат, выдаваемый данной программой.

Список использованной литературы:

1. Правила устройства электроустановок. ПУЭ. Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
2. Федотов В. П. Проектирование микропроцессорных защит элементов электрических сетей напряжением 110–220 кВ: учебно-методическое пособие – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 268 с.
3. Неклепаев Б. Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.
4. Шкаф защиты линии и автоматики управления выключателем ШЭ2607 016. Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.159 РЭ. –Чебоксары: ООО «НПП ЭКРА», 2015. – 168 с.
5. Кожин, А.Н.; Рубинчик, В.А. Релейная защита линий с ответвлениями Издательство: М.: Энергия; 1967. – 264 с.
6. Чернобровов Н.В., Семенов В.А. Релейная защита энергетических систем. Учеб. пособие для техникумов. - М.: Издательство АТП, 2015 год. – 800 с.: ил.
7. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 7. Дистанционная защита линий 35-330 кВ. М.: издательство «Энергия», 1966 г. – 172 с. с черт.
8. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 12. Токовая защита нулевой последовательности от замыканий на землю линий 110-500 кВ. Расчеты. – М.: Энергия, 1980. – 88 с., ил.
9. Методические указания по расчёту и выбору параметров настройки (уставок) микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики производства ООО НПП «Экра», для воздушных и кабельных линий с односторонним питанием напряжением 110 - 330 кВ СТО 56947007-29.120.70.200-2015

10. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019) Раздел X. «Охрана труда»
11. Федеральный закон РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»
12. Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ (ред. от 01.04.2020) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»;
13. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 N 273-ФЗ;
14. Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 15.11.2018) «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
15. Приказ Минэнерго России от 30.06.2003 N 261 «Об утверждении Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках».
16. СанПиН 2.2.4.548-96. «Физические факторы производственной среды Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
17. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах
18. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»,
19. ГОСТ 12.2.032-78 (ССБТ). «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
20. ГОСТ 12.2.033-78 (ССБТ). «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»
21. СТО 70238424.29.240.99.008-2011 Релейная защита и электроавтоматика. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования
22. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности;

- 23.ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ)
Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
- 24.ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током.
Общие положения безопасности установок и оборудования;
- 25.ГОСТ 12.1.004-91 (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования;
- 26.ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности;
- 27.ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений;
- 28.ГОСТ 12.1.005-88 (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- 29.СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
- 30.МР 2.2.9.2311-07 Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности
- 31.ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.!
- 32.Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция).
- 33.СТО 56947007-29.240.038-2010 Экологическая безопасность электросетевых объектов. Требования при сооружении
- 34.РД 153-34.3-02.205-00 Методические указания по нормированию сбросов загрязняющих веществ со сточными водами предприятий электрических сетей
- 35.Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ (с изменениями на 27 декабря 2019 года)
- 36.СО 34.49.101-2003 «Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий»
- 37.СП 5.131130.2009 «Система противопожарной защиты»
- 38.Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова;

Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

39. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

40. Производственный календарь на 2020 год (для шестидневной рабочей недели)

<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=324428&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.4802577356957014#009375172382106589>